

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ **Αρ. Φύλλου 381**

24 Μαρτίου 2000

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

Αριθ. Δ14/36010

Έγκριση Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (ΚΤΧ).

Ο ΥΦΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜ. ΕΡΓΩΝ

Έχοντας υπόψη:

1. Το άρθρο 21 «Προδιαγραφές και Κανονισμοί Έργων» του Ν. 1418/84 «Δημόσια Έργα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων».

2. Την απόφαση Δ14/28666/οικ./17.12.1998 ορθή επανάληψη της 10.2.2000 με την οποία συγκροτήθηκε Επιτροπή για τη «Σύνταξη Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού σκυροδέματος».

3. Την απόφαση Δ17α/03/99/Φ.2.2.1/29.10.96 του Πρωθυπουργού και Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ «Ανάθεση αρμοδιοτήτων Υπουργού Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων στους Υφυπουργούς ΠΕΧΩΔΕ Χρίστο Βερελή και Θεόδωρο Κολιοπάνο».

4. Το γεγονός ότι από τις διατάξεις αυτής της απόφασης δεν προκαλείται δαπάνη εις βάρος του κρατικού προϋπολογισμού, αποφασίζουμε:

1. Εγκρίνουμε τον Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (ΚΤΧ), ο οποίος θα εφαρμόζεται υποχρεωτικά τόσο στα δημόσια όσο και στα ιδιωτικά έργα.

2. Ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος τίθεται σε ισχύ τρεις μήνες μετά τη δημοσίευσή του στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

3. Από την ημερομηνία ισχύος του ΚΤΧ καταργούνται τα άρθρα 16, 21, 38, 39, 40, 70, 71, 72, 73 και 74 το «Κανονισμού δια την μελέτην και εκτέλεσιν οικοδομικών έργων εξ ωπλισμένου σκυροδέματος» Β.Δ. 18.2.1954 (ΦΕΚ 160/Α/54).

4. Η παρούσα απόφαση και ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος να δημοσιευθούν στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Αθήνα, 29 Φεβρουαρίου 2000

Ο ΥΦΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΧΡΙΣΤΟΣ ΒΕΡΕΛΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α

1 Γενικά

1.1 Εισαγωγή

Ο Κανονισμός αυτός περιλαμβάνει το κυρίως Κείμενο (δεξιά στήλη), τα Σχόλια (αριστερή στήλη), καθώς και τα Παραρτήματα στο τέλος.

Αντικείμενο των Σχολίων και των Παραρτημάτων είναι:

- Η βασική ερμηνεία ή και αιτιολόγηση των κανόνων γενικού χαρακτήρα και των διατάξεων ή η παράθεση στοιχείων που συμβάλλουν στην κατανόησή τους
- Η παράθεση πρακτικών εφαρμογών ή και απλοποιημένων κανόνων που δεν έχουν ίσως γενική εφαρμογή αλλά ισχύουν για τις συνήθεις περιπτώσεις της πράξης
- Η συσχέτιση του εκάστοτε άρθρου με άλλα άρθρα του Κανονισμού αυτού και άλλων Κανονισμών, Προτύπων, Αποφάσεων, Εγκυκλίων κλπ, όπου απαιτείται.

Τα χονδροειδή σφάλματα αποτελούν σημαντική αιτία αστοχιών στις κατασκευές. Ακριβώς δε για την εξασφάλιση έναντι τέτοιων σφαλμάτων προϋποτίθεται ότι ο Κανονισμός θα εφαρμόζεται από εκπαιδευμένα, έμπειρα και ικανά πρόσωπα.

Ο Κανονισμός αυτός δεν εξασφαλίζει από χονδροειδή σφάλματα. Η χρήση του Κανονισμού αυτού προϋποθέτει εφαρμογή του από πρόσωπα που διαθέτουν τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις και προσόντα.

1.2 Πεδίο εφαρμογής

Ο Κανονισμός αυτός προδιαγράφει τις ελάχιστες γενικές και ειδικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος. Ο Κύριος του Έργου, ιδίως αν πρόκειται για ειδικό έργο, μπορεί να προδιαγράψει αυστηρότερες ή και πρόσθετες ειδικές απαιτήσεις.

Ο Κανονισμός αυτός παραπέμπει στα εξής Πρότυπα και Κανονισμούς:

- ΕΛΟΤ 959/94: Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος
- ΕΛΟΤ 971/94: Συγκολλήσιμοι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος
- ΕΛΟΤ 656/88: Συμβολισμοί για χρήση στις μελέτες τεχνικών έργων
- ΕΛΟΤ 1045/88: Μεταλλικά υλικά, δοκιμή εφελκυσμού
- ENV 1991 Ευρωκώδικας 1: Βάσεις σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών
- ENV 1992-1 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός των κατασκευών από σκυρόδεμα
- ENV 1998 Ευρωκώδικας 8: Διατάξεις αντισεισμικού σχεδιασμού των κατασκευών
- Κανονισμός για την Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα (ΝΕΚΩΣ-95)
- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97)
- Κανονισμός Πυροπροστασίας των Κτιρίων -88
- Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ-99)
- EU 80-69: Aciers pour armatures passives du béton. Prescription de qualité
- EU 80-85: Reinforcing steel (not for prestressing): Technical delivery conditions
- EN 10002/90: Metallic materials-Tensile testing

- ENV 10080/95: Steel for the reinforcement of concrete - Weldable ribbed reinforcing steel B 500- Technical delivery conditions for bars, coils and welded fabric
- prEN 10080/99: Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel
- EURONORM 82-1/79: Steel for the reinforcement of concrete with an improved bonding action; dimensions, mass, tolerances. General requirements
- EURONORM 82-2/79: Steel for the reinforcement of concrete with an improved bonding action; dimensions, mass, tolerances. Supplementary specifications for ribbed steels
- ISO/CD 15630-1/98: Steel for the reinforcement and prestressing of concrete -Test methods - Part 1: Reinforcing bars and wires
- ISO 6935-2/91: Steel for reinforcement of concrete. Part 2 - Ribbed bars
- ISO 3898/97: Βάσεις υπολογισμού κατασκευών- Συμβολισμοί - Γενικά Σύμβολα
- ISO 1000/98: Μονάδες SI
- DIN 488/84: Reinforcing steel
- DIN 50905 - Part3/78: Chemical Corrosion Tests
- BS 4449/1988 Carbon steel bars for the reinforcement of concrete

Για άλλους τύπους οπλισμού, οι διατάξεις αυτού του Κανονισμού θα προσαρμόζονται και θα συμπληρώνονται με κατάλληλους επιμέρους Κανονισμούς.

Δεν αποτελούν αντικείμενο αυτού του Κανονισμού ενδεικτικά οι ακόλουθοι τύποι οπλισμού:

- Ράβδοι ή τένοντες προέντασης για προεντεταμένα στοιχεία
- Δομικοί χάλυβες που χρησιμοποιούνται στα σύμμικτα στοιχεία.

Οι οδηγίες του Κανονισμού μπορούν να χρησιμεύσουν και ως βάση για το σχεδιασμό και την κατασκευή έργων υπό ειδικές συνθήκες (π.χ. πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, έντονα διαβρωτικό περιβάλλον) ή με ειδικούς χάλυβες (π.χ. ανοξείδωτοι, με ειδική επιφανειακή προστασία) με την προϋπόθεση ότι ενδεχομένως θα τροποποιηθούν ή θα συμπληρωθούν κατάλληλα ώστε να ληφθούν υπόψη πρόσθετες ειδικές θεωρήσεις και απαιτήσεις.

Με το σχεδιασμό των έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα σχετίζονται οι απαιτήσεις για την ποιότητα, την αντοχή και τα άλλα χαρακτηριστικά των χαλύβων, καθώς και για την ανθεκτικότητα και την πυρασφάλεια των κατασκευών.

Με την κατασκευή των έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα σχετίζονται οι απαιτήσεις για την παραγωγή των χαλύβων, τις μηχανικές και άλλες ιδιότητές τους, τη διακίνηση, τη διαμόρφωση και την τοποθέτηση, καθώς και με τον έλεγχο και την παραλαβή των οπλισμών.

1.3 Αντικείμενο

Αντικείμενο του Κανονισμού είναι η ικανοποίηση των απαιτήσεων για τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος που αφορούν το σχεδιασμό και την κατασκευή τεχνικών έργων από σκυρόδεμα.

Βλέπε τα Πρότυπα: 1) ISO 3898 και 2) ΕΛΟΤ 656.

1.4 Σύμβολα

Τα σύμβολα του παρόντος Κανονισμού ακολουθούν το Πρότυπο ISO 3898. Ειδικότερα, τα πλέον χρησιμοποιούμενα σύμβολα ορίζονται πιο κάτω.

Στον Κανονισμό αυτόν, η αρίθμηση των Πινάκων και Σχημάτων ακολουθεί την αρίθμηση των αντιστοίχων παραγράφων. Ειδικά για τους Πίνακες και τα Σχήματα των Σχολίων, προηγείται της αρίθμησης το γράμμα "Σ".

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται στον Κανονισμό αυτό είναι:

- kN, kN/m και kN/m^2, για δυνάμεις και φορτία
- MPa (= MN/m^2 = N/mm^2), για τάσεις και αντοχές
- kg/m^3, για πυκνότητες
- kN/m^3, για ειδικά ή φαινόμενα βάρη.

Για το Διεθνές Σύστημα Μονάδων SI, βλέπε το σχετικό Εγχειρίδιο του ΕΛΟΤ: "SI: Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων" /1999.

Πίνακας 1.4-1 Σύμβολα

Σύμβολο	Σημασία
A	Ονομαστική διατομή
A_s	Πραγματική διατομή
α	Γωνία κλίσης πλευράς πλάγιας νεύρωσης
$α_R$	Ανηγμένη επιφάνεια προβολής νευρώσεων
β	Γωνίες κλίσεων πλάγιων νευρώσεων ως προς το διαμήκη άξονα
b	Πλάτος πλάγιας νεύρωσης
c	Απόσταση μεταξύ πλάγιων νευρώσεων
C_{eq}	Ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα
X_k	Χαρακτηριστική τιμή του μεγέθους X
d (ή Φ)	Ονομαστική διάμετρος
$ε_u$	Συνολική ανηγμένη παραμόρφωση - επιμήκυνση στο μέγιστο φορτίο
$ε_5$	Ανηγμένη παραμόρφωση - επιμήκυνση μετά τη θραύση
E	Μέτρο ελαστικότητας
h	Ύψος πλάγιων νευρώσεων στην κορυφή
f_{bd}	Οριακή τάση συνάφειας
f_t	Εφελκυστική αντοχή χάλυβα
f_y	Όριο διαρροής χάλυβα
$f_{y,act}$	Πραγματικό όριο διαρροής χάλυβα
$f_{y,nom}$	Ονομαστικό όριο διαρροής χάλυβα
$f_{0,2}$	Συμβατικό όριο διαρροής ($ε_{mp}$=0,2%)
T	Θερμοκρασία

1.5 Μονάδες

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται βασίζονται στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων SI, και συμφωνούν με το Π.Δ.515/83 και τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 656 και ISO 1000.

1.6 Ορισμοί

Σίδηρος (καθαρός): Ως καθαρός σίδηρος χαρακτηρίζεται συνήθως κράμα με περιεκτικότητα σε άνθρακα και λοιπά κραματικά στοιχεία μικρότερη από 0,05%.

Χάλυβας: Κράμα σιδήρου - άνθρακα (Fe-C) έως 2% και προσθήκη άλλων στοιχείων.

Χάλυβας οπλισμού: Χάλυβας με κυκλική ή πρακτικά κυκλική διατομή, που είναι κατάλληλος για τον οπλισμό του σκυροδέματος.

Χάλυβας οπλισμού με νευρώσεις: Χάλυβας οπλισμού με δύο τουλάχιστον σειρές πλάγιων ανάγλυφων νευρώσεων ομοιόμορφα κατανεμημένων κατά μήκος.

Λείος χάλυβας οπλισμού: Χάλυβας οπλισμού με πρακτικώς λεία επιφάνεια.

Χάλυβας οπλισμού με έγγλυφες αυλακώσεις: Χάλυβας οπλισμού με καθορισμένες αυλακώσεις, ομοιόμορφα κατανεμημένες κατά μήκος.

Ολκή: Μείωση της διατομής ενός σύρματος κατά την οποία το εν λόγω υλικό ελκόμενο διέρχεται μέσα από κατάλληλη μήτρα.

Έλαση: Μείωση της διατομής (διαμόρφωση) ενός μεταλλικού αντικειμένου με τη χρήση περιστρεφόμενων κυλίνδρων.

Παρτίδα: Ποσότητα χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος της ίδιας διατομής, προερχομένη από την ίδια χύτευση, σε ρόλους ή ευθύγραμμες ράβδους, που έχει παραχθεί από την ίδια μονάδα παραγωγής και δύναται να ελεγχθεί κάθε στιγμή.

Ονομαστικές διάμετροι: Είναι οι τυποποιημένες διάμετροι χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος που δέχεται ο Κανονισμός αυτός και που δίνονται στον Πίνακα 3.1.1-1.

Ονομαστική διατομή: Είναι το εμβαδόν πλήρους κυκλικής διατομής με διάμετρο την ονομαστική.

Ο σχεδιασμός των κατασκευών βασίζεται στην ονομαστική διάμετρο και στην ονομαστική διατομή.

Πραγματική διατομή: Είναι το εμβαδόν της επιφάνειας υποθετικής κυκλικής διατομής ίσου μήκους και βάρους με το δεδομένο δοκίμιο.

Οι έλεγχοι συμμόρφωσης βασίζονται στην πραγματική διατομή.

Η πραγματική διατομή υπολογίζεται από ένα τμήμα ράβδου μήκους l και μάζας m από τη σχέση:

$$A_s = 127.4 \times m/l$$

όπου:

A_s η πραγματική διατομή σε mm^2
m η μάζα σε g
l το μήκος σε mm.

Η πραγματική διάμετρος υπολογίζεται έμμεσα από την πραγματική διατομή. Στην περίπτωση χαλύβων με νευρώσεις, η άμεση μέτρηση με παχύμετρο δεν είναι ακριβής.

Ονομαστική μάζα: Είναι η μάζα ανά μέτρο μήκους, η οποία υπολογίζεται από την ονομαστική διατομή επί την πυκνότητα του χάλυβα (η οποία λαμβάνεται ίση με 7850 kg/m^3).

Ανηγμένη επιφάνεια προβολής των νευρώσεων ράβδου οπλισμού: Είναι ο λόγος των επιφανειών των προβολών όλων των νευρώσεων σε επίπεδο κάθετο στο διαμήκη άξονα της ράβδου προς το μήκος της ράβδου και την ονομαστική περίμετρο, που καθορίζεται από την ονομαστική διάμετρο (βλ. Σχ. 3.1.2-4).

Για τα μεγέθη αντίστασης ως χαρακτηριστική τιμή λαμβάνεται συνήθως το ποσοστημόριο p=95% (ή 90%), ενώ για τα μεγέθη δράσης συνήθως το ποσοστημόριο p=5% (ή 10%). Με την πιθανότητα "α" ορίζεται το κάτω άκρο του μονόπλευρου διαστήματος εμπιστοσύνης. Η τιμή της πιθανότητας "α" λαμβάνεται συνήθως 90%.

Η ελάχιστη τιμή βρίσκει εφαρμογή στα "Κριτήρια συμμόρφωσης των δειγματοληπτικών ελέγχων" (Παραγρ. 5.5) για τα μεγέθη που περιγράφονται με χαρακτηριστική τιμή.

Η ολκιμότητα είναι ιδιότητα του υλικού, ενώ η πλαστιμότητα είναι ιδιότητα ενός φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η ολκιμότητα του χάλυβα είναι μια από τις προϋποθέσεις για να αναπτύξει πλαστιμότητα ένα στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στην αγγλική γλώσσα η ολκιμότητα και η πλαστιμότητα αποδίδονται με την ίδια λέξη: ductility. Πολλές φορές, για τους χάλυβες οπλισμού, αντί του όρου ολκιμότητα χρησιμοποιείται καταχρηστικώς και ο όρος πλαστιμότητα.

Η θερμοκρασία μετάπτωσης (Transition temperature) προσδιορίζεται ανάλογα με τους διάφορους Κανονισμούς, ως:

- Το σημείο καμπής στην καμπύλη έργου θραύσης – θερμοκρασίας
- Η θερμοκρασία στην οποία η μορφή της επιφάνειας θραύσης εμφανίζεται, σε συγκεκριμένο ποσοστό της, ως ψαθυρή (συνήθως 50%)
- Η θερμοκρασία στην οποία το έργο θραύσης έχει συγκεκριμένη τιμή (π.χ. 20 J).

Χαρακτηριστική τιμή μεγέθους: Η τιμή του μεγέθους πάνω από την οποία, αναμένεται να βρεθεί ποσοστό p όλων των τιμών σε έναν υποθετικό έλεγχο με άπειρα δοκίμια. Στο πλαίσιο του Κανονισμού αυτού, ως χαρακτηριστική τιμή ορίζεται η τιμή πάνω από την οποία υπάρχει πιθανότητα "α" να βρεθεί ποσοστό p των τιμών.

Ελάχιστη τιμή: Είναι η τιμή κάτω από την οποία δεν πρέπει να βρεθεί καμία τιμή δοκιμής.

Συμβατικό όριο διαρροής: Είναι η τάση που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση, μετά την αποφόρτιση, ίση με $\varepsilon_{παρ}$=0,2%.

Ολκιμότητα: Στο πλαίσιο αυτού του Κανονισμού, ο όρος χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη σχέση της περιοχής των πλαστικών παραμορφώσεων ως προς την περιοχή των ελαστικών παραμορφώσεων μιας ράβδου οπλισμού που δοκιμάζεται σε εφελκυσμό. Συνήθως μετριέται με το λόγο της ανηγμένης παραμόρφωσης στο μέγιστο φορτίο προς την παραμόρφωση διαρροής.

Πλαστιμότητα: Είναι η ικανότητα ενός φορέα ή μιας διατομής ή μιας περιοχής από οπλισμένο σκυρόδεμα να ανακρίνεται με μεγάλες μετελαστικές παραμορφώσεις, χωρίς σημαντική μείωση της φέρουσας ικανότητας.

Θερμοκρασία μετάπτωσης: Ορίζεται ως η θερμοκρασία στην οποία παρατηρείται σημαντική μεταβολή στα χαρακτηριστικά θραύσης ενός υλικού, με κυριότερη μεταβολή τη μετατροπή του τρόπου θραύσης από όλκιμο σε ψαθυρό.

Διάβρωση: Κάθε αυθόρμητη, κατ' επέκταση εκβιασμένη, ηλεκτροχημικής, κατ' επέκταση χημικής, κατ' επέκταση μηχανικής φύσεως αλλοίωση της επιφάνειας μετάλλων ή κραμάτων, η οποία οδηγεί σε απώλεια υλικού.

Αλλοίωση (χημική): Τροποποίηση της χημικής σύστασης τμήματος του υλικού.

Ομοιόμορφη διάβρωση: Η διάβρωση κατά την οποία πάνω στην επιφάνεια του μετάλλου ή κράματος δημιουργείται ένα ομοιόμορφο – περίπου ισόπαχο – στρώμα προϊόντος διάβρωσης ή μία περίπου ομοιόμορφη διάλυση της επιφάνειας.

Διάβρωση με βελονισμούς: Η διάβρωση κατά την οποία πάνω στην επιφάνεια του μετάλλου ή κράματος σχηματίζεται εκλεκτικά τοπικά προϊόν διάβρωσης ή διαλύεται εκλεκτικά τοπικά το μέταλλο ή το κράμα.

pH: Ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των υδρογονοϊόντων (H^+).

2 Ταξινόμηση χαλύβων

2.1 Διάκριση χαλύβων

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος διακρίνονται ως εξής:

2.1.1 Σύμφωνα με τη μέθοδο παραγωγής, σε:

- Θερμής έλασης, χωρίς καμία περαιτέρω επεξεργασία οποιασδήποτε μορφής (χάλυβες ΘΕ-Χ)
- Θερμής έλασης, που ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας (χάλυβες ΘΕ-Θ)
- Ψυχρής κατεργασίας, με στρέψη του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (χάλυβες ΨΚ-Σ) ή με ολκή ή έλαση του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (χάλυβες ΨΚ-Ο) ή με συνδυασμό των παραπάνω.

Χάλυβες που έχουν υποστεί κατεργασία ενδέχεται να παρουσιάζουν σε σχέση με τους χάλυβες ΘΕ-Χ:

- Διαφορετική συμπεριφορά σε ακραίες θερμοκρασίες (βλ. Παραγρ. 3.6)
- Διαφορετικά διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων (π.χ. οι χάλυβες ΨΚ-Σ)
- Διαφορετικά όρια διαρροής σε θλίψη και σε εφελκυσμό (π.χ. οι χάλυβες ΨΚ-Ο)
- Διαφορετική ολκιμότητα (π.χ. οι χάλυβες ΨΚ-Ο).

Η ψυχρή κατεργασία προκαλεί ενδοτράχυνση με συνέπεια την αύξηση της αντοχής. Οι χάλυβες ψυχρής κατεργασίας ενδέχεται να έχουν σημαντική μείωση της αντοχής τους μετά από θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. πυρκαγιά ή συγκόλληση). Βλ. και Σχόλια Παραγρ. 3.6.

Κατά κανόνα, δεν είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ κατηγοριών ψυχρής και θερμής κατεργασίας μόνο με μακροσκοπική παρατήρηση.

2.1.2 Σύμφωνα με τη μορφή της επιφάνειας, σε:

- Λείες ράβδους κυκλικής διατομής
- Ράβδους με ανάγλυφες νευρώσεις, υψηλής συνάφειας
- Ράβδους με έγγλυφες αυλακώσεις.

Οι χάλυβες οπλισμού έργων από σκυρόδεμα παράγονται σε ευθύγραμμες ράβδους ή και σε ρόλους (κουλούρες), ανάλογα με τη διατομή και την κατηγορία τους ή και τη χρήση τους.

Οι χάλυβες με έγγλυφες αυλακώσεις (indented) δεν αποτελούν αντικείμενο του Κανονισμού αυτού και δεν επιτρέπεται η χρήση τους από τον ΝΕΚΩΣ-95.

2.1.3 Σύμφωνα με την ολκιμότητα (βλ. και Παραγρ.3.2), σε:

- Χάλυβες κανονικής ολκιμότητας
- Χάλυβες αυξημένης ολκιμότητας.

Είναι οι χάλυβες κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971, παρ' όλο που η έννοια της ολκιμότητας δεν αναφέρεται ρητώς στα Πρότυπα αυτά.

Οι χάλυβες αυτοί καλύπτουν τις αυξημένες απαιτήσεις για αντισεισμική συμπεριφορά των κατασκευών, όπως προβλέπονται από τον ΝΕΚΩΣ-95 καθώς και από τον Ευρωκώδικα 8. Αν και τέτοια κατηγορία χαλύβων προβλέπεται και στο υπό έκδοση prEN 10080/99, οι χάλυβες αυτοί δεν μπορούν τυπικώς να εισαχθούν σήμερα στο κείμενο αυτού του Κανονισμού επειδή απαγορεύεται οποιαδήποτε αλλαγή Εθνικών Προτύπων στο χρονικό διάστημα μέχρι την οριστική αποδοχή του prEN10080/99 ως Ευρωπαϊκού Προτύπου-ΕΝ (καθεστώς standstill). Στα Σχόλια της Παραγρ. 3.2 στον Πίνακα Σ3.2-1 αναφέρονται ειδικές απαιτήσεις ανάλογα με την κατηγορία πλαστιμότητας σύμφωνα με τους σύγχρονους Κανονισμούς. Οι απαιτήσεις αυτές μπορούν να είναι επιπροσθέτως απαιτητές από τους χρήστες για κατασκευές με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

2.1.4 Σύμφωνα με τη συγκολλησιμότητα, σε:

- Χάλυβες συγκολλήσιμους (s)
- Χάλυβες συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις.

Βλ. και Παραγρ. 2.2 και 3.5
Σε σχετικά Πρότυπα άλλων χωρών για τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος χρησιμοποιούνται οι όροι "συγκολλήσιμοι" και "μη συγκολλήσιμοι" (weldable – non weldable). Επειδή όμως οι μη συγκολλήσιμοι χάλυβες υπό ορισμένες συνθήκες δύνανται να συγκολληθούν (βλ. Παραγρ. 3.5.2), στον Κανονισμό αυτό, αντί του όρου "μη συγκολλήσιμοι" υιοθετείται ο όρος "συγκολλήσιμοι υπό προϋποθέσεις".

2.1.5 Σύμφωνα με την αντοχή τους σε διάβρωση, σε:

- Κοινούς χάλυβες, που είναι κράματα σιδήρου - άνθρακα (Fe-C) και μικρές περιεκτικότητες σε άλλα κραματικά στοιχεία
- Ανοξείδωτους χάλυβες, που είναι κράματα σιδήρου με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο 12%. Οι χάλυβες αυτοί είναι ανθεκτικοί σε διάβρωση. Η αντοχή τους σε διαβρωτικό περιβάλλον είναι μεγαλύτερη αν περιέχουν και άλλα κραματικά στοιχεία (Ni, Mo, Ti κλπ).

Οι ανοξείδωτοι χάλυβες δεν αποτελούν αντικείμενο εξέτασης αυτού του Κανονισμού. Ωστόσο, στην περίπτωση έργων σε έντονα διαβρωτικό περιβάλλον, είναι χρήσιμο να εξετάζεται η χρήση τους.

Τα τεχνολογικά, μηχανικά και λοιπά χαρακτηριστικά των χαλύβων καθορίζονται από πρότυπα, εγκριτικές αποφάσεις ή πιστοποιητικά συμμόρφωσης και αναφέρονται στο Κεφ. 3 αυτού του Κανονισμού.

2.2 Κατηγορίες χαλύβων

Οι χρησιμοποιούμενοι χάλυβες διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Στους συγκολλήσιμους S400s και S500s
- Στους συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις S220, S400 και S500,

όπου οι αριθμοί αντιστοιχούν στη χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής (σε MPa), ενώ το πεζό γράμμα "s" (στο τέλος) δηλώνει συγκολλήσιμους χάλυβες (βλ. και Παραγρ. 2.1.4).

Η διάκριση αυτή είναι σύμφωνη με τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 959, ΕΛΟΤ 971, EU 80-69 και EU 80-85.

2.3 Μορφές χαλύβων

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος παραδίδονται υπό τη μορφή:

- Ευθύγραμμων ράβδων
- Ρόλων

Στην ελληνική αγορά κυκλοφορούν επίσης:

- Προκατασκευασμένα ηλεκτροσυγκολλητά δικτυώματα (lattice girders) (prEN 10080-6/99)
- Προκατασκευασμένοι κλωβοί συνδετήρων (αναδιπλωμένα πλέγματα, σπειροειδείς συνδετήρες, κλπ).

Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται συγκόλληση για οποιαδήποτε ανάγκη προδιαμόρφωσης ή προκατασκευής συνδετήρων, οι χάλυβες θα είναι συγκολλήσιμοι.

- Ηλεκτροσυγκολλητών πλεγμάτων.

Για τα ηλεκτροσυγκολλητά πλέγματα χρησιμοποιείται συγκολλήσιμος χάλυβας.

2.4 Σήμανση για την αναγνώριση της κατηγορίας

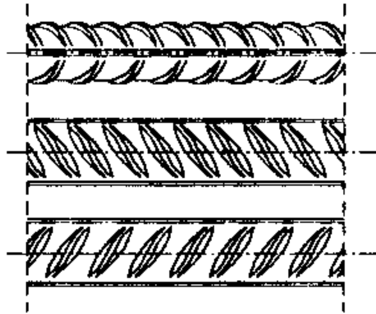
Οι χάλυβες με λεία επιφάνεια σημαίνονται με τη χρήση κάποιου χρώματος που συμφωνείται ανάμεσα στον προμηθευτή και τον αγοραστή, ώστε να διακρίνεται σαφώς η κατηγορία του προϊόντος

Η σήμανση των λείων χαλύβων με τη χρήση χρώματος είναι υποχρεωτική όταν στον ίδιο χώρο (αποθήκες παραγωγού, επιχειρήσεις διάθεσης, επιχειρήσεις διαμόρφωσης και εργοτάξια) διακινούνται περισσότερες της μιας κατηγορίες λείων χαλύβων.

Στα Πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971 δεν αναφέρεται συγκεκριμένος τρόπος σήμανσης. Στον Ευρωπαϊκό χώρο, τις τελευταίες δεκαετίες, έχει επικρατήσει η σήμανση που ορίζεται από τα Πρότυπα EU 80-69, EU 80-85 και ISO 6935-2, χωρίς να αποκλείονται και άλλοι τρόποι σήμανσης (βλ. Παράρτημα Π1 για τους κατά καιρούς χρησιμοποιηθέντες τρόπους σήμανσης).

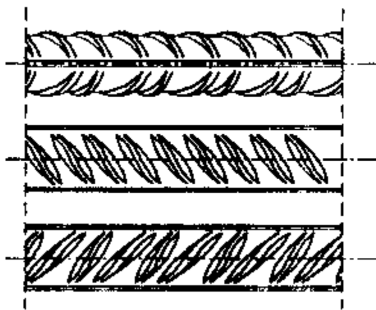
Παρακάτω δίνεται η μορφή των νευρώσεων ανά κατηγορία σύμφωνα με τα Πρότυπα EU 80-69, EU 80-85 και ISO 6935-2.

Οι ράβδοι χαλύβων κατηγορίας S400s φέρουν στην επιφάνειά τους δύο σειρές παράλληλων πλάγιων νευρώσεων αντίθετης φοράς και διαφορετικής απόστασης στην κάθε σειρά, όπως φαίνεται και στο Σχ. Σ2.4-1.



Σχήμα Σ2.4-1 Μορφή νευρώσεων χάλυβα κατηγορίας S400s

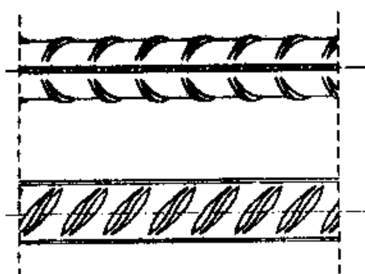
Οι ράβδοι χαλύβων κατηγορίας S500s φέρουν στην επιφάνειά τους δύο σειρές πλάγιων νευρώσεων αντίθετης φοράς, εκ των οποίων οι νευρώσεις της μιας σειράς είναι παράλληλες μεταξύ τους, ενώ της άλλης σειράς είναι με εναλλασσόμενες γωνίες κλίσης ως προς τον άξονα της ράβδου, όπως φαίνεται και στο Σχ. Σ2.4-2.



Σχήμα Σ2.4-2 Μορφή νευρώσεων χάλυβα κατηγορίας S500s

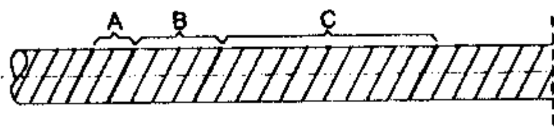
Οι ράβδοι χαλύβων κατηγοριών S400 και S500 φέρουν στην επιφάνεια τους δύο σειρές παράλληλων πλάγιων νευρώσεων, αντίθετης φοράς και ίσων αποστάσεων, όπως φαίνεται στο Σχ. Σ2.4-3.

Η σήμανση της κατηγορίας των χαλύβων με νευρώσεις γίνεται με το διαφορετικό τρόπο διάταξης των νευρώσεων στην επιφάνεια της ράβδου.

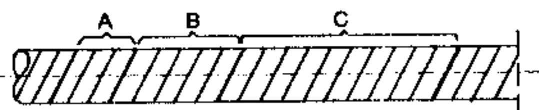


Σχήμα Σ2.4-3 Μορφή νευρώσεων χαλύβων κατηγορίας S400 και S500

Η διάκριση της κατηγορίας S400 από την κατηγορία S500 γίνεται με το διαφορετικό τρόπο συμβολισμού της έναρξης της σήμανσης (πεδίο Α) (βλέπε Σχ. Σ2.4-4 και Σ2.4-5, καθώς και την Παραγρ. 2.5). Για την κατηγορία S400 ο τρόπος συμβολισμού της έναρξης της σήμανσης είναι μία κανονική πλάγια νεύρωση ανάμεσα σε δύο ενισχυμένες, ενώ για την κατηγορία S500 δύο κανονικές πλάγιες νευρώσεις ανάμεσα σε δύο ενισχυμένες.



Σχήμα Σ2.4-4 Χάλυβας S400 (πεδίο Α: έναρξη σήμανσης, πεδίο Β: χώρα παραγωγής, πεδίο C: μονάδα παραγωγής)



Σχήμα Σ2.4-5 Χάλυβας S500 (πεδίο Α: έναρξη σήμανσης, πεδίο Β: χώρα παραγωγής, πεδίο C: μονάδα παραγωγής)

Για τις χώρες του Πίνακα Σ2.5-1, η αναγνώριση της χώρας και της μονάδας παραγωγής ενός χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος γίνεται μέσω ενός αριθμητικού συστήματος κανονικών πλάγιων νευρώσεων ανάμεσα σε ενισχυμένες πλάγιες νευρώσεις που παρουσιάζονται επαναλαμβανόμενες (ανά 1,0m έως 1,5m περίπου) στη μία σειρά των παράλληλων πλάγιων νευρώσεων της ράβδου.

Το σύμβολο που δηλώνει την έναρξη της σήμανσης του προϊόντος (πεδίο Α, βλ. Σχ. Σ2.5-1) καθώς και την κατεύθυνση της ανάγνωσης είναι για μεν τις κατηγορίες S400, S400s και S500s μία κανονική πλάγια νεύρωση ανάμεσα σε δύο ενισχυμένες, ενώ για την κατηγορία S500 δύο κανονικές πλάγιες νευρώσεις ανάμεσα σε δύο ενισχυμένες.

2.5 Σήμανση για την αναγνώριση της χώρας και της μονάδας παραγωγής

Πρέπει να προβλέπεται ένα σύστημα για την αναγνώριση της χώρας και της μονάδας παραγωγής των χαλύβων.

Εναλλακτικά, για την κατηγορία S500s έχει επικρατήσει η έναρξη (πεδίο Α) να υποδηλώνεται με δύο διαδοχικές ενισχυμένες πλάγιες νευρώσεις (βλ. Σχ. Σ2.5-4) όπως καθορίζεται από το DIN 488/84 και το ENV10080/95.

Μετά την έναρξη ακολουθεί η σήμανση της χώρας παραγωγής (πεδίο Β βλ. Σχ. Σ2.5-1) και της μονάδας παραγωγής του χάλυβα (πεδίο C βλ. Σχ. 2.5-1) που γίνεται μέσω δύο αριθμών που συμβολίζονται από κανονικές πλάγιες νευρώσεις ανάμεσα σε ενισχυμένες.

Ο πρώτος αριθμός, από 1 έως 8, δηλώνει τη χώρα παραγωγής (βλ. Πίνακα Σ2.5-1). Ο δεύτερος αριθμός δηλώνει τη μονάδα παραγωγής. Εάν ο αριθμός που δηλώνει τη μονάδα παραγωγής είναι διψήφιος (τα πολλαπλάσια του 10 συνιστάται να αποφεύγονται) τότε συμβολίζεται με δύο ομάδες πλάγιων νευρώσεων ανάμεσα σε ενισχυμένες, εκ των οποίων η πρώτη ομάδα δίνει το πρώτο ψηφίο και η δεύτερη το δεύτερο ψηφίο του κωδικού του εργοστασίου, όπως φαίνεται και στα Σχ. Σ2.5-1 έως Σ2.5-4.

Ο αριθμός των νευρώσεων που συμβολίζει τη χώρα παραγωγής είναι αυτός που ορίζεται από το Πρότυπο EU 80-85 (βλ. Πίνακα Σ2.5-1).

Για χώρες με τον ίδιο αριθμό (πεδίο Β) οι μονάδες παραγωγής πρέπει να έχουν διαφορετικό αριθμό (πεδίο C).

Στο Παράρτημα ΙΙΙ του παρόντος Κανονισμού αναφέρονται σημάνσεις των ελληνικών βιομηχανιών καθώς επίσης και όλες οι μέχρι σήμερα γνωστές σημάνσεις βιομηχανιών του εξωτερικού των οποίων προϊόντα έχουν εισαχθεί στην Ελλάδα.

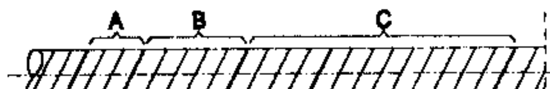
Πίνακας Σ2.5-1 Συμβολισμός χώρας παραγωγής κατά EU 80-85

Χώρα	Αριθμός κανονικών νευρώσεων μεταξύ της έναρξης και της επόμενης ενισχυμένης νεύρωσης
Γερμανία	1
Βέλγιο, Ολλανδία, Λουξεμβούργο	2
Γαλλία	3
Ιταλία	4
Η.Β., Ιρλανδία	5
Δανία, Φινλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	6
Πορτογαλία, Ισπανία	7
Ελλάδα, (Τουρκία)	8[(1)]

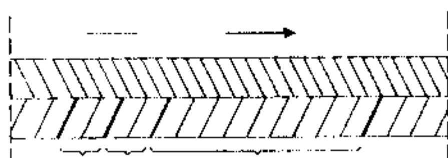
(1) Στο υπό έκδοση Ευρωπαϊκό Πρότυπο prEN10080/99 ο αριθμός 8 θα αναφέρεται αποκλειστικά στην Ελλάδα. Οι λοιπές χώρες μέλη της CEN θα αναφέρονται με τον αριθμό 9. Χάλυβες από τρίτες χώρες, εισαγόμενοι στην Ελλάδα, θα πρέπει να χρησιμοποιούν σήμανση που να μην προκαλεί σύγχυση και να μην έρχεται σε αντίθεση με τα παραπάνω.



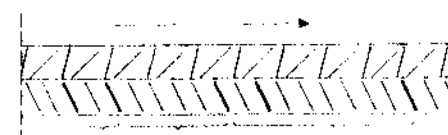
Σχήμα Σ2.5-1 Χάλυβας S400 (Χώρα παραγωγής Γαλλία - Μονάδα παραγωγής υπ' αριθ. 9)



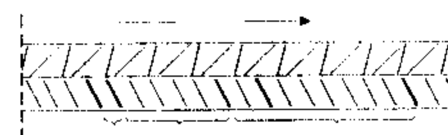
Σχήμα Σ2.5-2 Χάλυβας S500 (Χώρα παραγωγής Ιταλία - Μονάδα παραγωγής υπ' αριθ. 38)



Σχήμα Σ2.5-3 Χάλυβας S400s (Χώρα παραγωγής Γερμανία - Μονάδα παραγωγής υπ. αριθ. 8)



(α) Συμβολισμός πεδίου Α: μία κανονική πλάγια νεύρωση ανάμεσα σε δύο ενισχυμένες



(β) Εναλλακτικός συμβολισμός πεδίου Α: δύο διαδοχικές ενισχυμένες πλάγιες νευρώσεις

Σχήμα Σ2.5-4 Χάλυβας S500s (Χώρα παραγωγής Ιταλία - Μονάδα παραγωγής υπ' αριθ. 16)

Η σήμανση είναι δυνατόν να γίνεται και με διαφορετικό, από το παραπάνω, σύστημα. Σε κάθε περίπτωση, το σύστημα αναγνώρισης πρέπει να γνωστοποιείται στις αρμόδιες αρχές της χώρας.

Ο αριθμός χύτευσης πρέπει να αναφέρεται σε όλα τα συνοδευτικά έγγραφα.

2.6 Ιχνηλασιμότητα

Οι παραδιδόμενες και διακινούμενες παρτίδες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος πρέπει να είναι αναγνωρίσιμες και ανιχνεύσιμες ως προς τα δεδομένα παραγωγής και προέλευσής τους. Ο παραγωγός πρέπει να καθιερώνει και να τηρεί τρόπο ικανοποίησης αυτής της απαίτησης για τα προϊόντα που διαθέτει και να τον αναφέρει στα αντίστοιχα συνοδευτικά έγγραφα (βλ. και Παραγρ.6.5).

ΜΕΡΟΣ Β

3 Χαρακτηριστικά χαλύβων

3.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

3.1.1 Ονομαστικά μεγέθη

Τιμές σε βασική συμφωνία με τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971.

Οι ονομαστικές διάμετροι, οι ονομαστικές διατομές καθώς και η ονομαστική μάζα δίνονται στον Πίνακα 3.1.1-1.

Πίνακας 3.1.1-1 Ονομαστική διάμετρος, ονομαστική διατομή και ονομαστική μάζα

Ονομαστική διάμετρος d (mm)	Ονομαστική διατομή A (mm^2)	Ανοχές (%) Με νευρώσεις	Ανοχές (%) Λείοι	Ονομαστική μάζα (kg/m)
4	12,6	±10	±12	0,099
5	19,6	±10	±12	0,154
6	28,3	±10	±12	0,222
8	50,3	±8	±9	0,395
10	78,5	±8	± 9	0,617
12	113	±8	±9	0,888
14	154	±6	±6	1,21
16	201	±6	±6	1,58
18	254	±6	±6	2,00
20	314	±6	±6	2,47
22	380	±5	±5	2,98
25	491	±5	±5	3,85
28	616	±5	±5	4,83
32	804	±5	±5	6,31

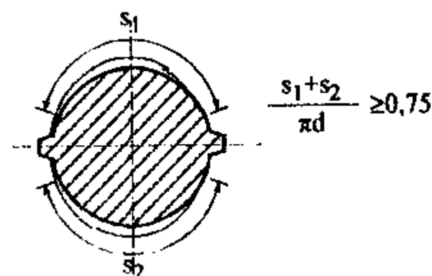
3.1.2 Γεωμετρία νευρώσεων

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των νευρώσεων των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος είναι αυτά που ορίζονται από τα Πρότυπα EU 82-79, ISO 6935-2/91 και ENV 10080/95.

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος με νευρώσεις έχουν τουλάχιστον δύο σειρές παράλληλων πλάγιων νευρώσεων ομοιόμορφα κατανεμημένων στην περιφέρεια του προϊόντος και σε ίσες αποστάσεις καθ' όλο το μήκος κάθε σειράς. Μπορούν να υπάρχουν και διαμήκεις νευρώσεις, χωρίς όμως να είναι υποχρεωτικό.

Οι πλάγιες νευρώσεις θα έχουν σχήμα μηνίσκου και θα καταλήγουν ομαλά στον κορμό του προϊόντος.

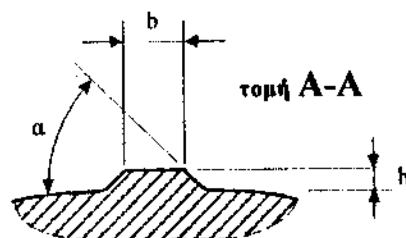
Η προβολή των πλάγιων νευρώσεων, σε επίπεδο κάθετο στο διαμήκη άξονα της ράβδου, πρέπει να καταλαμβάνει τουλάχιστον το 75% της περιφέρειας της ράβδου που θα υπολογίζεται από την ονομαστική διάμετρό της (βλ. Σχ.3.1.2-1).



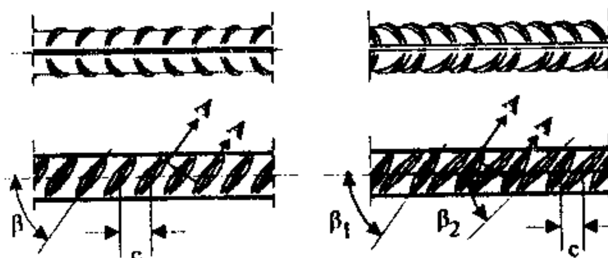
Σχήμα 3.1.2-1 Εγκάρσια τομή ράβδου

Η γωνία κλίσης "α" της πλευράς των πλάγιων νευρώσεων θα είναι μεγαλύτερη από 45°. Πρέπει να προβλέπεται καμπύλη συναρμογής μεταξύ της πλευράς των πλάγιων νευρώσεων και του κορμού της ράβδου (βλ. Σχ. 3.1.2-2).

Οι γωνίες κλίσης "β" των πλάγιων νευρώσεων θα είναι από 35° έως 75° (βλ. Σχ. 3.1.2-3).



Σχήμα 3.1.2-2 Γωνία κλίσης "α", ύψος h και πλάτος b πλευράς πλάγιας νεύρωσης



Σχήμα 3.1.2-3 Γωνίες κλίσης "β" πλάγιων νευρώσεων και απόσταση c (Για την τομή Α-Α βλ. Σχ. 3.1.2-2)

Το ύψος h των πλάγιων νευρώσεων στην κορυφή θα είναι από 0,05d έως 0,10d και η μεταξύ τους απόσταση c θα είναι από 0.5d έως 1,0d (βλ. Σχ. 3.1.2-2 και 3.1.2-3).

Το πλάτος b των πλάγιων νευρώσεων θα είναι περίπου 0,1d (βλ. Σχ. 3.1.2-2).

Εφ' όσον υπάρχουν διαμήκεις νευρώσεις, το ύψος τους δεν θα υπερβαίνει το 0,15d.

Από το EU 82-79 Sheet 2 και ENV 10080/95.

Οταν δεν ικανοποιείται κάποιο από τα παραπάνω επιμέρους γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τότε η ανηγμένη επιφάνεια προβολής a_R των νευρώσεων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τιμή που δίνεται στον Πίνακα 3.1.2-1.

Η τιμή της ανηγμένης επιφάνειας προβολής των νευρώσεων υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (βλ. και Σχ. 3.1.2-4):

$$a_R = \frac{1}{\pi d}\sum_{n=1}^{k}\frac{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} A_{R,n,j}\, sin\beta_{nj}}{c_n}$$

όπου:

$A_R = \sum_{i=1}^{p} h_{s,i}\,\Delta l$ είναι η επιφάνεια διαμήκους τομής της νεύρωσης

h_s είναι το μέσο ύψος κάθε τμήματος μήκους Δl μιας πλάγιας νεύρωσης που έχει διαχωριστεί σε p μέρη (l_R=pΔl)

β είναι η γωνία κλίσης των νευρώσεων ως προς τον άξονα της ράβδου σε μοίρες

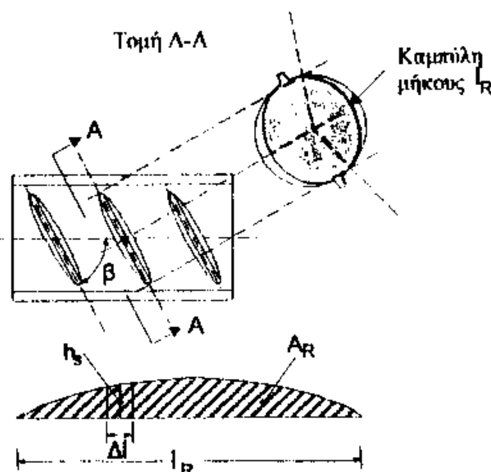
d είναι η ονομαστική διάμετρος της ράβδου σε mm

c είναι η απόσταση των νευρώσεων σε mm

k είναι ο αριθμός των σειρών των πλάγιων νευρώσεων

m είναι ο αριθμός των κλίσεων των νευρώσεων σε μια σειρά

n, j, i είναι μεταβλητές άθροισης.



Σχήμα 3.1.2-4 Προσδιορισμός της ανηγμένης επιφάνειας προβολής a_R των νευρώσεων

Πίνακας 3.1.2-1 Ελάχιστη τιμή της ανηγμένης επιφάνειας προβολής νευρώσεων a_R

Ονομαστική διάμετρος (mm)	5-6	8	10	≥12
$a_{R,min}$	0,039	0,045	0,052	0,056

Ο προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών, περιλαμβανομένης και της επιμήκυνσης στο μέγιστο φορτίο θα γίνεται με βάση τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 1045, EN 10002 (μέρη 1 έως 5) και ISO/CD 15630-1.

Η επιμήκυνση στο μέγιστο φορτίο $\varepsilon_{u,k}$ μετριέται μακριά από το λαιμό εν γένει είναι πολύ μικρότερη από την επιμήκυνση μετά τη θραύση ε_5 η οποία μετριέται επί μήκους 5d εκατέρωθεν του λαιμού θραύσης.

Οι τιμές που δίνονται στον Πίνακα 3.2-1 δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις αυξημένης πλαστιμότητας που θέτουν οι σύγχρονοι Κανονισμοί. Στον Πίνακα Σ3.2.-1 δίνονται τέτοιες απαιτήσεις, υπό τις σύγχρονες αντιλήψεις. Από τη σύγκριση των Πινάκων 3.2.-1 και Σ3.2.-1 είναι εμφανής η ασυμφωνία που υπάρχει μεταξύ των σύγχρονων Κανονισμών και των Προτύπων ΕΛΟΤ959 και ΕΛΟΤ 971 στα οποία εκ των πραγμάτων βασίζεται ο Κανονισμός αυτός. Μέχρι να ενσωματωθούν οι σύγχρονες αυτές αντιλήψεις στο κείμενο του Κανονισμού (βλ. και Σχόλιο της Παραγρ. 2.1.3) ο χρήστης μπορεί να απαιτεί από τους προμηθευτές, χάλυβες που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της μελέτης για αυξημένη πλαστιμότητα (τελευταία στήλη του Πίνακα Σ3.2-1).

Πίνακας Σ.3.2-1 Ειδικές απαιτήσεις χαλύβων για λόγους αυξημένης πλαστιμότητας, κατά τους σύγχρονους Κανονισμούς

Μέγεθος	ENV 1998: 1994 (Ευρωκώδικας 8)		prEN 10080 (έκδοση 1999)(1)	ΝΕΚΩΣ-95 (2) (υπό αναθεώρηση 2000)
	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας Μ (μέση)	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας Υ (υψηλή)	Χάλυβας κατηγορίας C (f_{yk}= 450 N/mm^2 (5))	
f_t/f_y	≥ 1,15 (3) ≤ 1,35 (3)	≥ 1,20 (3) ≤ 1,35 (3)	≥ 1,15 (4), (6) ≤ 1,35 (4), (6)	≥ 1,10(4) ≤ 1,35(4)
$\varepsilon_{u,k}$ (%)	≥ 6,0	≥ 9,0	≥ 7,5 (4)	≥ 7,0(4)
$f_{y,act}/f_{y,nom}$	≤ 1,25	≤ 1,20	≤ 1,20 (4), (6)	≤ 1,30(4)

(1) Επί των τιμών αυτών υπάρχει η σύμφωνη γνώμη της Επιτροπής του Ευρωκώδικα 8

(2) Οι τιμές αυτές θα μπορούσαν να θεωρηθούν απαιτητές στη μεταβατική περίοδο, μέχρι τη μετατροπή του ENV 1998 (Ευρωκώδικας 8) ή του prEN10080 σε Πρότυπα EN (βλ. και Σχόλιο της Παραγρ. 2.1.3)

(3) Μέσες τιμές

(4) Χαρακτηριστικές τιμές που αντιστοιχούν σε ποσοστημόριο p=90% εκτιμώμενο με πιθανότητα α=90%

(5) Χαρακτηριστική τιμή που αντιστοιχεί σε ποσοστημόριο p=95% εκτιμώμενο με πιθανότητα α=90%

(6) Οι τιμές των f_y, $f_{y,act}$, f_t υπολογίζονται με βάση την ονομαστική διατομή.

3.2 Μηχανικά χαρακτηριστικά

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος δίνονται στον Πίνακα 3.2-1.

Για το όριο διαρροής f_y, την εφελκυστική αντοχή f_t και την ανηγμένη παραμόρφωση μετά την θραύση ε_5 οι αναφερόμενες τιμές είναι χαρακτηριστικές με ποσοστημόριο p=95%, ενώ για τον λόγο f_t/f_y οι τιμές είναι οι ελάχιστες.

Οι τιμές των f_y και f_t υπολογίζονται με βάση την πραγματική διατομή.

Όταν δεν υπάρχει διακεκριμένο όριο διαρροής, θα προσδιορίζεται το συμβατικό όριο διαρροής $f_{0,2}$.

Πίνακας 3.2-1 Μηχανικά χαρακτηριστικά χαλύβων κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971

Μέγεθος	Κατηγορία				
	S220	S400	S500	S400s	S500s
Όριο διαρροής, f_y (MPa)	220	400	500	400	500
Εφελκυστική αντοχή, f_t (MPa)	340	500	550	440	550
Λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής, f_t/f_y	-	≥1,05	≥1,05	≥1,05	≥1,05
Επιμήκυνση μετά τη θραύση, ε_5 (%)	24	14	12	14	12

3.3 Φυσικά χαρακτηριστικά

Οι φυσικές ιδιότητες των μη ή ελαφρά κραματωμένων χαλύβων, χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, όπως είναι οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος, είναι παραπλήσιες εκείνων του καθαρού σιδήρου. Οι τιμές που δίνονται παρακάτω αφορούν τον καθαρό σίδηρο, εκτός από τις περιπτώσεις που αναφέρονται ρητά στους χάλυβες, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τους υπολογισμούς που αφορούν τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος.

Ειδικά για θέματα χαρακτηριστικών των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες, ο σχεδιασμός των έργων θα ακολουθεί και τις σχετικές διατάξεις ή συστάσεις των:

- CEB Bull. d' Information No. 174 and 208, Fire Design of Concrete Structures, Lausanne, Oct. '86 and Jul. '91
- CEN/TC 250/SC.2/PT.10/1993 (Eurocode 2, Part 1-2), Structural Fire Design.

3.3.1 Μέτρο ελαστικότητας, Ε

Στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος η τιμή που λαμβάνεται υπόψη είναι 200 GPa.

Εχουν μετρηθεί τιμές έως 210 GPa. Το μέτρο ελαστικότητας Ε επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, απομειούμενο σημαντικά για υψηλές θερμοκρασίες (βλ. Πίνακα Σ3.3.1-1).

Πίνακας Σ3.3.1-1 Επίδραση της θερμοκρασίας στο μέτρο ελαστικότητας

Θερμοκρασία °C	20	204	427	537	649
Ε, (GPa)	200	186	155	134	124

Ο συντελεστής dE/dT στην περιοχή 0-100 °C δίνεται από τη σχέση:

$$dE/dT = -55\ MPa/^{\circ}C$$

Η τιμή των 200 GPa και ο Πίνακας Σ3.3.1-1 είναι από το G.E. Dieter, 'Mechanical Metallurgy', McGraw-Hill, London, 1988, σελ. 49 και 281 αντίστοιχα. Εχουν διασταυρωθεί τιμές από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983. Η παραπάνω σχέση είναι από το Guy-Hren, 'Elements of Physical Metallurgy', 3rd Ed., Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1974, σελ. 63.

3.3.2 Μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση G και μέτρο διόγκωσης Κ

Το μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση είναι 80 GPa και το μέτρο διόγκωσης είναι 165 GPa.

Το μέτρο ελαστικότητας σε διάτμηση απαντάται στη βιβλιογραφία και ως μέτρο διάτμησης ή μέτρο ολίσθησης.

Διάφορες τιμές έχουν δοθεί στη βιβλιογραφία για το μέτρο διάτμησης που κυμαίνονται από 76-82 GPa. Τιμές από 160 έως 169 GPa έχουν αναφερθεί για το μέτρο διόγκωσης (bulk modulus).

Για το G η τιμή είναι από το J.E. Shigley-C.R. Mischke, 'Mechanical Engineering Design', McGraw-Hill, 5th Ed., 1989, σελ. 729. Για το Κ από το G.E. Dieter, 'Mechanical Metallurgy', McGraw-Hill, London, 1988, σελ. 49.

3.3.3 Λόγος Poisson, ν

Για τις πρακτικές εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιείται η τιμή 0,30.

Τιμές από 0,27-0,33 έχουν αναφερθεί για το λόγο Poisson, με το μέσο όρο 0,30 ως την πλέον αποδεκτή τιμή για πρακτικές εφαρμογές. Από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, σελ. 15-3.

R.E. Reed-Hill, 'Physical Metallurgy Principles', 2nd Ed., D.Van Nostrand, New York, 1973, σελ. 454.

Ο ωστενίτης (διάλυμα άνθρακα μέσα σε Fe-γ) μπορεί να εμφανίζεται στους χάλυβες πάνω από τους 723°C και παίζει σπουδαίο ρόλο στη διαδικασία θερμικής κατεργασίας συγκεκριμένων ποιοτήτων χάλυβα. Υπάρχει μια σχετική ασάφεια για τα σημεία τήξης (ΣΤ) και βρασμού (ΣΒ). Το ΣΤ κυμαίνεται από 1536-1539 °C και το ΣΒ από 2740-2860 °C.

Στον Πίνακα Σ3.3.5-1 δίνονται τιμές της ειδικής θερμότητας σε διάφορες θερμοκρασίες. Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ.14.

Πίνακας Σ3.3.5-1 Φυσικές ιδιότητες χάλυβα

Θερμοκρασία °C	Πυκνότητα g/cm^3	Ειδική θερμότητα $J\,kg^{-1}K^{-1}$	Συντελεστής γραμμικής διαστολής $x\,10^{-6}\,C^{-1}$	Θερμική αγωγιμότητα $W\,m^{-1}K^{-1}$	Ειδική αντίσταση μΩcm
20	7,84-7,86	435-444	12,18	51,9	15,9-16,3
100		477-494	12,18	51,1	21,9-22,6
200		520-528	12,66	49,0	29,2-29,6
400		599-611	13,47	42,7	48,2-48,7
600		699-754	14,41	35,6	74,2-75,8
800		791-950	12,64	26,0	109,4-110,0
1000		657	13,37	27,2	116,7-119,4

Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ. 14.

Η θερμική αγωγιμότητα του καθαρού σιδήρου, στη θερμοκρασιακή περιοχή 0-100°C έχει μέση τιμή 78,2 $Wm^{-1}K^{-1}$. Όσον αφορά όμως τον χάλυβα, οι τιμές της θερμικής αγωγιμότητας στις διάφορες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες (Πίνακας Σ3.3.5-1), λόγω δομής.

Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ. 14.

Στον Πίνακα Σ3.3.5-1 δίνονται ακριβέστερες τιμές του συντελεστή γραμμικής διαστολής για διάφορες θερμοκρασίες.

3.3.4 Κρυστάλλωση σιδήρου και θερμοκρασία Curie

Στον Πίνακα 3.3.4-1 δίνονται οι φάσεις του καθαρού σιδήρου. Η θερμοκρασία Curie, θερμοκρασία πέραν της οποίας χάνεται η μαγνητική συμπεριφορά του σιδήρου, είναι 770 °C.

Πίνακας 3.3.4-1 Φάσεις καθαρού σιδήρου

Θερμοκρασιακή περιοχή °C	Κατάσταση	Φάση	Σύμβολο
πάνω από το ΣΒ	αέριο	αέριο	g
ΣΤ - ΣΒ	υγρό	υγρό	l
1400-ΣΤ	στερεό	κυβικό χωροκεντρωμένο	δ
910-1400	στερεό	κυβικό εδροκεντρωμένο	γ
κάτω από 910	στερεό	κυβικό χωροκεντρωμένο	α

3.3.5 Ειδική θερμότητα

Η μέση τιμή της ειδικής θερμότητας στο διάστημα από 0°C έως 100 °C είναι 456 $J\,kg^{-1}K^{-1}$

3.3.6 Θερμική αγωγιμότητα

Η θερμική αγωγιμότητα του χάλυβα στους 20 °C μπορεί να ληφθεί στους υπολογισμούς ίση με 51,9 W/mK.

3.3.7 Συντελεστής γραμμικής διαστολής

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του χάλυβα στο διάστημα από 0°C έως 100°C μπορεί να ληφθεί στους υπολογισμούς ίσος με $10 \cdot 10^{-6}$ °C^{-1}.

Οι τιμές είναι από το Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, London, 1983, Κεφ. 14.

Στον Πίνακα Σ3.3.5-1 δίνονται τιμές της ειδικής αντίστασης του χάλυβα σε διάφορες θερμοκρασίες.

3.3.8 Ειδική (ηλεκτρική) αντίσταση

Η ειδική αντίσταση του χάλυβα στους 20°C κυμαίνεται από 15,9μΩcm έως 16,3μΩcm.

Σύμφωνα με το prEN 10080-1/99.

3.3.9 Πυκνότητα χάλυβα

Η πυκνότητα του χάλυβα μπορεί να ληφθεί στους υπολογισμούς ίση με 7,85g/cm^3.

Στην πραγματικότητα η πυκνότητα του χάλυβα μεταβάλλεται ελαφρά ανάλογα με τη χημική σύσταση και την επεξεργασία.

Εάν κάποιος επιθυμεί να μετρήσει την πραγματική πυκνότητα του χάλυβα μπορεί να μετρήσει το βάρος ενός τεμαχίου στο νερό (B_w) και στον αέρα (B_a) και χρησιμοποιώντας την αρχή του Αρχιμήδη (με πλήρη διαβροχή του τεμαχίου στο νερό) να υπολογίσει την πυκνότητα του χάλυβα με τον ακόλουθο τύπο:

$$\rho \cong \rho_w (1-B_w/B_a)^{-1}$$

όπου ρ η πυκνότητα του χάλυβα και ρ_w η πυκνότητα του νερού ίση με 1,0g/cm^3.

Guy-Hren, 'Elements of Physical Metallurgy', 3rd Ed., Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1974, σελ. 585.

Στον Πίνακα Σ3.3.10-1 δίνονται ο συντελεστής ικανότητας εκπομπής φαιού σώματος "ε" και η ανακλαστικότητα του υλικού "R" συναρτήσει του μήκους κύματος "λ" για μη οξειδωμένους χάλυβες. Σημειώνεται ότι οι χάλυβες οπλισμού, από τον τρόπο παραγωγής τους, είναι ελαφρά οξειδωμένοι (ελαφρό στρώμα καλαμίνας Fe_3O_4) και έτσι οι οπτικές ιδιότητες διαφέρουν από αυτές του Πίνακα Σ3.3.10-1.

3.3.10 Οπτικές ιδιότητες χάλυβα

Λόγω της μέτριας ανακλαστικής ισχύος σε όλα τα μήκη κύματος, ο μη οξειδωμένος χάλυβας παρουσιάζει ασθενή μεταλλική φαιά απόχρωση.

Πίνακας Σ3.3.10-1 Οπτικές ιδιότητες των μη οξειδωμένων χαλύβων

λ (μm)	ε	R (%)
1,0	0,41	-
0,6	0,48	58
0,5	0,49	-

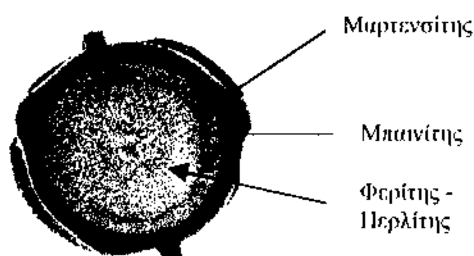
Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., London, 1983, Butterworths.

Υπάρχουν αρκετά χημικά παρασκευάσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Από τα πλέον όμως απλά και γνωστά είναι το Nital, το οποίο προκύπτει από τη διάλυση 1,5-5ml νιτρικού οξέος 1,4 mol/l σε 100 ml αιθυλικής αλκοόλης.

3.3.11 Μακροσκοπική εξέταση χάλυβα

Ο χάλυβας μπορεί να εξεταστεί μακροσκοπικά με λείανση και χημική προσβολή σε μια κάθετη τομή στο διαμήκη άξονα μιας ράβδου και να προσδιοριστεί εάν έχει υποστεί θερμική κατεργασία (χάλυβας ΘΕ-Θ).

Μετά από λείανση σε μια κάθετη τομή στο διαμήκη άξονα μιας ράβδου, αυτή εμβαπτίζεται στο Nital για περίπου 5-30sec, ανάλογα με το είδος του χάλυβα. Η διάκριση του μαρτενσίτη και των προϊόντων μετασχηματισμού του σε σχέση με την υπόλοιπη μεταλλική μήτρα που έχει πρακτικά μείνει χωρίς βαφή κατά τη διαδικασία θερμικής κατεργασίας (π.χ. βαφή κατά Tempcore, Thermex κλπ), είναι από τα σημαντικά πράγματα που μπορούν να διαπιστωθούν σε ελάχιστο χρόνο και χωρίς ιδιαίτερα μέσα (βλ. Σχ. Σ3.3.11-1) και μπορούν να εξηγήσουν ιδιαιτερότητες στις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες του χάλυβα, καθώς επίσης και τη συμπεριφορά του ως προς τη διάβρωση.



Σχήμα Σ3.3.11-1 Κάθετη στο διαμήκη άξονα τομή ράβδου χάλυβα μετά από εμβάπτιση σε Nital

3.4 Χημικά Χαρακτηριστικά

3.4.1 Γενικά

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ 959.

Για τους χάλυβες S220, S400 και S500 πρακτικώς δεν ισχύει κανένας άμεσος περιορισμός για τη χημική σύσταση.

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ 971.

Για τους συγκολλήσιμους χάλυβες S400s και S500s ισχύουν οι περιορισμοί της Παραγρ. 3.5.1 για την χημική σύσταση προκειμένου να εξασφαλισθεί η συγκολλησιμότητά τους.

3.4.2 Ταξινόμηση

Σύμφωνα με το Πρότυπο EN 10020.

Γενικά, οι μη κραματωμένοι χάλυβες είναι χάλυβες για τους οποίους δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για συνεπή συμπεριφορά σε θερμική κατεργασία ή για καθαρότητα όσον αφορά τα μη μεταλλικά εγκλείσματα. Ως μη μεταλλικά εγκλείσματα θεωρούνται συνήθως τα οξείδια CaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3, MnO, FeO, P_2O_5, οι ενώσεις FeS, FeMn κλπ που είναι πρακτικά ακαθαρσίες στον χάλυβα.

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος είναι τμήμα της ομάδας των ελαφρά ή μη κραματωμένων χαλύβων.

3.4.3 Παραγωγή χάλυβα

Σύμφωνα με το prEN 10080-2 έως -6 /1999.
Με τον όρο αποξείδωση εννοείται η μείωση του διαλυμένου/ ενεργού οξυγόνου στο ρευστό χάλυβα.

Η διαδικασία παραγωγής (μεταλλουργική μέθοδος) και ο τύπος της αποξείδωσης του χάλυβα επαφίενται στην κρίση του παραγωγού

3.5 Συγκολλησιμότητα

Συγκολλησιμότητα είναι η ικανότητα ενός μετάλλου να συγκολλιέται στις συνθήκες του έργου, έτσι ώστε η προκύπτουσα σύνδεση να ικανοποιεί τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

Η συγκολλησιμότητα είναι σύνθετη ιδιότητα η οποία αναφέρεται στη δυνατότητα συγκόλλησης με την υπάρχουσα τεχνολογία, και επηρεάζεται από παράγοντες όπως:

- Η μεταλλουργία του μετάλλου βάσης και του μετάλλου προσθήκης
- Η τεχνική της συγκόλλησης
- Ο σχεδιασμός της σύνδεσης
- Οι ενδεχόμενες θερμικές κατεργασίες πριν και μετά τη συγκόλληση
- Αλλοι πιο εξειδικευμένοι παράγοντες (ενδεχομένως).

Οι χάλυβες διακρίνονται ως προς τη συγκολλησιμότητά τους σε:

- Συγκολλήσιμους, η συγκολλησιμότητα των οποίων εξασφαλίζεται με τη χημική σύσταση (βλ. Παραγρ. 3.5.1)
- Συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις, η συγκολλησιμότητα των οποίων ελέγχεται με ειδικές δοκιμές (βλ. Παραγρ. 3.5.2).

3.5.1 Συγκολλήσιμοι χάλυβες

Οι χάλυβες θεωρούνται συγκολλήσιμοι, όταν η μέγιστη περιεκτικότητα σε άνθρακα C, θείο S, φωσφόρο P, άζωτο N καθώς και η μέγιστη ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα C_{eq} δεν υπερβαίνουν τις τιμές που δίνονται στο Πίνακα 3.5.1-1.

Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ 971.

Η ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα C_{eq} υπολογίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$C_{eq}=C+(Mn/6)+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15,$$

όπου τα σύμβολα των χημικών στοιχείων δείχνουν την επί τοις εκατό περιεκτικότητα κατά βάρος (%κ.β.) όπως προσδιορίζεται από την χημική ανάλυση.

Οπου:

Mn:	Μαγγάνιο	V:	Βανάδιο
Cr:	Χρώμιο	Ni:	Νικέλιο
Mo:	Μολυβδαίνιο	Cu:	Χαλκός

Πίνακας 3.5.1-1 Μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε άνθρακα, θείο, φωσφόρο, άζωτο καθώς και μέγιστη ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα (% κ.β.) κατά ΕΛΟΤ 971

	Ανθρακας C	Θείο S	Φωσφόρος P	Αζωτο[1] N	Ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα C_{eq}
Ανάλυση ρευστού χάλυβα κατά τη χύτευση	0,22	0,050	0,050	0,012	0,50
Ανάλυση τελικού προϊόντος	0,24	0,055	0,055	0,013	0,53

[1] Υψηλότερες τιμές σε άζωτο επιτρέπονται εάν υπάρχουν επαρκείς ποσότητες στοιχείων που το δεσμεύουν (βλ. Παράρτημα Π2)

Στο υπό έκδοση Ευρωπαϊκό Πρότυπο prEN10080/99:

- Προβλέπεται περιορισμός και στην περιεκτικότητα σε χαλκό (Cu) με μέγιστη τιμή 0,80%
- Επιτρέπεται η υπέρβαση των μέγιστων τιμών για τον άνθρακα κατά 0,03% κ.β., με την προϋπόθεση ότι μειώνονται αντίστοιχα οι ισοδύναμες τιμές σε άνθρακα κατά 0,02% κ.β.

Διεθνώς υπάρχει ασάφεια σχετικά με τα στοιχεία που δεσμεύουν το άζωτο καθώς και με τις απαιτούμενες ποσότητες για τη δέσμευση αυτή. Ενδεικτικώς αναφέρεται ότι μεταξύ των στοιχείων που δεσμεύουν το άζωτο είναι τα Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, B, Al και W. Στο Παράρτημα Π2 αναφέρονται σχέσεις για την ποσοτικοποίηση της δέσμευσης, για τις οποίες ωστόσο δεν υπάρχει διεθνής συμφωνία. Στο BS4449/88 αναφέρεται ότι η περιεκτικότητα σε άζωτο μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη τιμή (0,013%) και ότι δεν απαιτείται μέτρησή της αν η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο είναι μεγαλύτερη από 0,02%.

Σε κάθε συγκόλληση, δημιουργείται ένας "θερμικός κύκλος", γύρω από την περιοχή της συγκόλλησης. Το μέταλλο θερμαίνεται με ορισμένο ρυθμό, παραμένει σε κάποια μέγιστη θερμοκρασία για ορισμένο χρόνο και μετά αποψύχεται μέχρι τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος με κάποιον άλλο ρυθμό. Στη διάρκεια του θερμικού κύκλου μπορεί να αναπτυχθούν τάσεις και να εκδηλωθούν παραμορφώσεις. Επίσης μπορεί να λάβουν χώρα μεταλλουργικές και χημικές αλλαγές που οδηγούν σε μεταβολή των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων στη ζώνη τήξης και στη θερμικά επηρεασμένη ζώνη.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της συγκόλλησης είναι:

- Η προστατευτική ατμόσφαιρα της συγκόλλησης
- Το μέταλλο γόμωσης (προσθήκης)
- Το συλλίπασμα δηλ. η επένδυση του ηλεκτροδίου
- Η μέθοδος συγκόλλησης (σχεδίαση και εκτέλεση)
- Η θερμοκρασία της συγκόλλησης (προθέρμανση, θερμοκρασία μεταξύ πάσσων, μεταθέρμανση)
- Η τεχνική της συγκόλλησης (εξοπλισμός)
- Η ικανότητα του συγκολλητή.

Οι επιτρεπόμενες μέθοδοι συγκόλλησης και οι αντίστοιχοι τύποι σύνδεσης αναφέρονται στον Πίνακα 3.5.1-2

Πίνακας 3.5.1-2 Μέθοδοι συγκόλλησης και τύποι σύνδεσης για τους συγκολλήσιμους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος κατά ΕΛΟΤ 971

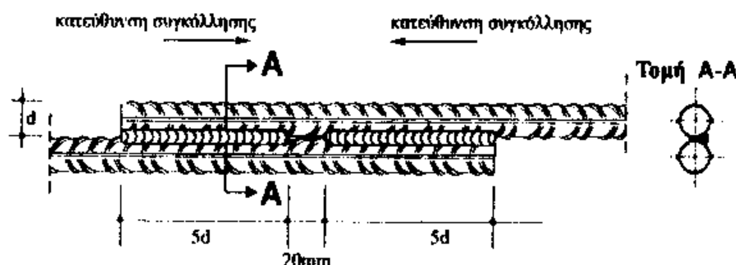
Τύποι σύνδεσης	**Μέθοδοι συγκόλλησης**			
	Σημειακή με ηλεκτρική αντίσταση	Ημιαυτόματη σε προστατευτική ατμόσφαιρα CO_2/Ar	Ηλεκτρο-συγκόλληση με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια	Αυτογενής συγκόλληση
Σταυρωτά	+	+	+	
Με παράθεση		+	+	
Ακρη με άκρη (μετωπικά)		+	+	+

Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ 959.

3.5.2 Χάλυβες συγκολλήσιμοι υπό προϋποθέσεις

3.5.2.1 Γενικά

Οι χάλυβες που δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Παραγρ. 3.5.1, ελέγχονται ως προς τη συγκολλησιμότητά τους με μηχανικές δοκιμές σε εφελκυσμό και κάμψη σύμφωνα με την Παραγρ. 3.5.2.2, και επιτρέπεται να συνδέονται μόνον κατά παράθεση. Για κάθε μια δοκιμή κατασκευάζεται σε θερμοκρασία δωματίου ένα συγκολλημένο δοκίμιο ανά παρτίδα. Δεν επιτρέπεται τα δοκίμια αυτά να υποστούν καμιά θερμική κατεργασία, ούτε πριν, ούτε μετά τη συγκόλλησή τους. Η συγκόλληση γίνεται από τη μία πλευρά των ράβδων με δύο ραφές συγκόλλησης η κάθε μία των οποίων είναι μήκους 5d (όπου d είναι η ονομαστική διάμετρος των ράβδων). Οι ραφές της συγκόλλησης ξεκινούν από έξω προς τα μέσα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να απομένει ανάμεσα στις απολήξεις ένα διάκενο 20 mm περίπου (βλ. Σχ.3.5.2.1-1)



Σχήμα 3.5.2.1-1 Τρόπος συγκόλλησης δοκιμίων για τον έλεγχο της συγκολλησιμότητας

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται κατά τη χειρωνακτική συγκόλληση τόξου πρέπει να είναι με βασική επένδυση ή με όξινη επένδυση ρουτιλίου (TiO_2) και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους να είναι ανάλογα με εκείνα του μετάλλου βάσης. Η διάμετρος των ηλεκτροδίων πρέπει να είναι σύμφωνη με τον Πίνακα 3.5.2.1-1.

Πίνακας 3.5.2.1-1 Διάμετροι ηλεκτροδίων

Ονομαστική διάμετρος ράβδου	Διάμετρος ηλεκτροδίων
5-10 mm	2 mm
12-14 mm	2,5 mm
16-20 mm	3,25 mm
>20 mm	4-5 mm

3.5.2.2 Μηχανικές δοκιμές για τον έλεγχο της συγκολλησιμότητας.

Οι μηχανικές δοκιμές για τον έλεγχο της συγκολλησιμότητας των χαλύβων που δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Παραγρ. 3.5.1 είναι η δοκιμή εφελκυσμού και η δοκιμή κάμψης.

α) Δοκιμή εφελκυσμού

Η δοκιμή σε εφελκυσμό συγκολλημένων δοκιμίων κατά παράθεση (βλ. Σχ. 3.5.2.1-1) γίνεται αναπόφευκτα κατά έκκεντρο τρόπο. Κατά τη δοκιμή εφελκυσμού συγκολλημένου δοκιμίου ελέγχεται μόνον η εφελκυστική αντοχή του, η οποία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 90% της αντίστοιχης εφελκυστικής αντοχής, που έχει προσδιορισθεί σε ασυγκόλλητο δοκίμιο από το ίδιο δείγμα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το ασυγκόλλητο δοκίμιο να έχει εφελκυστική αντοχή μεγαλύτερη ή ίση με τη χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής αντοχής της ποιότητάς του.

β) Δοκιμή κάμψης

Η δοκιμή σε κάμψη συγκολλημένων δοκιμίων θα γίνεται κατά 90 μοίρες και γύρω από τα κυλινδρικά στελέχη, η διάμετρος των οποίων φαίνεται στον Πίνακα 3.5.2.2-1. Η πλευρά που έχει τις ραφές της συγκόλλησης θα πρέπει να βρίσκεται στη ζώνη εφελκυσμού και το ενδιάμεσο διάκενο στο κέντρο της αναδιπλούμενης ζώνης.

Κατά τη δοκιμή κάμψης συγκολλημένων δοκιμίων δεν πρέπει να παρατηρηθεί με "γυμνό μάτι" καμία ρωγμή στο μέταλλο βάσης.

Αν εμφανισθεί ρωγμή στην επιφάνεια του μετάλλου συγκόλλησης (ραφή), χωρίς να επεκταθεί στο μέταλλο βάσης, τότε το αποτέλεσμα της δοκιμής γίνεται αποδεκτό.

Πίνακας 3.5.2.2-1 Διάμετρος κυλινδρικού στελέχους για τη δοκιμή κάμψης συγκολλημένων δοκιμίων

Κατηγορία χάλυβα	Διάμετρος κυλινδρικού στελέχους για διάμετρο ράβδου d (mm)			
	d ≤12	12<d≤18	18<d≤25	25<d≤32
S220	2d	2d	4d	4d
S400	5d	6d	8d	10d
S500	7d	8d	10d	12d

ΑΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Για τις εφαρμογές των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος έχει ενδιαφέρον και η περιοχή θερμοκρασιών κάτω του μηδενός. Οι διάφορες κατηγορίες χαλύβων παρουσιάζουν διαφορετικές θερμοκρασίες μετάπτωσης (transition temperature) που σε μερικές περιπτώσεις πλησιάζουν (εκ των κάτω) τους -10°C. Στη θερμοκρασία αυτή οι χάλυβες γίνονται ψαθυροί, γεγονός που πρέπει να λαβαίνεται υπόψη στον σχεδιασμό.

Η μείωση της εν θερμώ αντοχής είναι μικρή μέχρι τη θερμοκρασία των 350°C (της τάξης του 10%), ενώ γίνεται πολύ μεγαλύτερη και μπορεί να φθάσει το 40% για θερμοκρασίες στην περιοχή των 550°C. Η παρατήρηση αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για την εκτίμηση της συμπεριφοράς των κατασκευών κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς.

Θερμάνσεις σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 800°C (μέχρι 1200°C) έχουν ενδιαφέρον για τη διαδικασία παραγωγής των χαλύβων (έλαση, σφυρηλάτηση, μαρτενσιτική βαφή κλπ.) όχι όμως για τις εφαρμογές τους ως οπλισμού σκυροδέματος.

Η προσπάθεια συνεκτίμησης της επίδρασης όλων των παραγόντων που μπορεί να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των χαλύβων οπλισμού έπειτα από έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες είναι εξαιρετικά δυσχερής.

Για τις διάφορες κατηγορίες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, που περιγράφονται στην Παραγρ. 2.1.1 αυτού του Κανονισμού, ενδέχεται να συμβούν τα ακόλουθα:

- **Χάλυβες θερμής έλασης χωρίς περαιτέρω επεξεργασία οποιασδήποτε μορφής (ΘΕ-Χ).** Δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές ιδιοτήτων για θερμοκρασίες έκθεσης έως 650°C μετά τη ψύξη τους στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Είναι πιθανή η δημιουργία μαρτενσίτη σε χάλυβες με ποσοστό άνθρακα > 0,25% (S400, S500) αν η θερμοκρασία υπερβεί τους 730°C περίπου και γίνει απότομη ψύξη, ή σε περίπτωση απότομης ψύξης μετά τη συγκόλληση.

3.6 Συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες

Ως υψηλές θερμοκρασίες για τις εφαρμογές των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, θεωρούνται θερμοκρασίες άνω των 200°C, περίπου.

Η έκθεση των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες, αν συντρέχουν και ορισμένοι άλλοι παράγοντες (ενδεικτικά αναφέρονται ο χρόνος έκθεσης, το οξειδωτικό περιβάλλον στην επιφάνεια του χάλυβα και ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας) είναι δυνατόν να έχει ως αποτέλεσμα σημαντική διαφοροποίηση (υποβάθμιση) των μηχανικών τους ιδιοτήτων.

Για όλες τις κατηγορίες συνήθων χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, η θέρμανση σε θερμοκρασίες μέχρι 500°C, για χρόνους μέχρι και 2 ώρες, δεν δημιουργεί ουσιαστική μεταβολή στις αρχικές μηχανικές ιδιότητες μετά την ήρεμη ψύξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για μεγαλύτερους όμως χρόνους έκθεσης ή και για μεγαλύτερες θερμοκρασίες θα υπάρξουν σημαντικές μειώσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών.

Η εν θερμώ αντοχή των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος μειώνεται όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, όπως μειώνονται το μέτρο ελαστικότητας και η συνάφεια με το σκυρόδεμα.

Εκθέσεις σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 550°C συνεπάγονται πάντοτε μεταβολές των μηχανικών ιδιοτήτων, λόγω αλλαγών οι οποίες συμβαίνουν στη μικροδομή των χαλύβων.

Προκειμένου να προσδιορισθεί η πιθανή μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων του χάλυβα οπλισμού σε περίπτωση έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. σε συνθήκες μιας πραγματικής πυρκαγιάς) είναι απαραίτητο να γίνουν δοκιμές σε δείγματα που θα ληφθούν από το υλικό που εκτιμάται ότι έχει επηρεασθεί.

- **Χάλυβες θερμής έλασης που ακολουθείται από άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας (ΘΕ-Θ).** Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 500°C και χρόνους έκθεσης άνω των 2h είναι πιθανόν να υπάρξει σημαντική μείωση αντοχής και άλλων χαρακτηριστικών. Η μείωση αυτή είναι αναλογικά πολύ μεγάλη αν οι θερμοκρασίες έκθεσης πλησιάσουν τους 650°C και μπορεί η τελική αντοχή να φθάσει το 50% της αρχικής τιμής. Η αντοχή δεν επανέρχεται στις αρχικές τιμές μετά τη ψύξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η μεταβολή αυτή είναι αποτέλεσμα της μετατροπής των εκτός ισορροπίας φάσεων σε φάσεις ισορροπίας (δηλαδή Fe και Fe_3C). Στην παρουσία των εκτός ισορροπίας φάσεων στο τελικό προϊόν οφείλεται η αυξημένη αντοχή των χαλύβων αυτών.

- **Χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με στρέψη του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (ΨΚ–Σ) και ψυχρής διαμόρφωσης με ολκή και έλαση του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (ΨΚ–Ο).** Και για τις δύο αυτές κατηγορίες η παράμετρος που θα καθορίσει τη συμπεριφορά των υλικών μετά από έκθεση σε θερμοκρασίες πρακτικά μεγαλύτερες των 550°C είναι ο βαθμός της εν ψυχρώ παραμόρφωσης που δημιουργείται κατά την κατεργασία παραγωγής (ή μετέπειτα διαμόρφωσης) και ο οποίος ορίζεται με τη σχέση:

$$n = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100$$

όπου A_1 η αρχική διατομή και A_2 η τελική διατομή (μετά τη διαμόρφωση).

Για τιμές $n<2\%$ δεν δημιουργείται ειδικό πρόβλημα μεταβολής αντοχής μετά από θέρμανση σε θερμοκρασία άνω των 550°C (ισχύουν όσα ισχύουν για τα υπόλοιπα υλικά χαλύβων).

Για τιμές $2<n<12\%$ το υλικό που θα προκύψει έπειτα από θέρμανση σε θερμοκρασίες άνω των 550°C (ακόμη και για χρόνους μερικών δευτερολέπτων) θα έχει πολύ κακές μηχανικές ιδιότητες με κύρια χαρακτηριστικά μειωμένη αντοχή και αυξημένη ψαθυρότητα. Στην ουσία το υλικό θα έχει αχρηστευθεί. Για το λόγο αυτό, συνιστάται να αποφεύγεται η ανεξέλεγκτη διαμόρφωση ράβδων με θέρμανση και οι συγκολλήσεις χαλύβων ψυχρής κατεργασίας, επειδή είναι πιθανόν να προκύπτουν τέτοιες τιμές του n.

Για τιμές $n>15\%$ και πρακτικά $>20\%$ το υλικό που θα προκύψει μετά την τυχαία θέρμανση σε θερμοκρασίες άνω των 550°C θα έχει τις ιδιότητες που αντιστοιχούν στο ίδιο υλικό που παράγεται με τη θερμή έλαση (πριν από τη ψυχρή διαμόρφωση). Δηλαδή θα είναι μειωμένη σε σχέση με την αντοχή του προϊόντος ψυχρής έλασης κατά το ποσοστό που η κατεργασία αυτή είχε αυξήσει την αντοχή του.

Όλα τα παραπάνω έχουν εφαρμογή σε όλες τις περιπτώσεις θέρμανσης στις περιοχές θερμοκρασιών που προαναφέρθηκαν (ακόμη και στις τοπικές αυξήσεις θερμοκρασίας που φυσιολογικά δημιουργούνται σε περιπτώσεις συγκολλήσεων) και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ιδιαιτέρως στην περίπτωση επισκευών, ενισχύσεων, προσθηκών κλπ.

- **Για όλους τους χάλυβες.** Οι τιμές του συντελεστή γραμμικής διαστολής (α_t) σε υψηλές θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες από αυτήν για συνήθεις θερμοκρασίες (έως και κατά 20%) και διάφορες των αντίστοιχων τιμών για το σκυρόδεμα. Έτσι, σε περίπτωση πυρκαγιάς ή και άλλων καταστάσεων (π.χ. συγκολλήσεις) δεν είναι ασυνήθεις οι δυσμενείς συνέπειες (π.χ. εσωτερική μικρορηγμάτωση) λόγω αυτής της θερμικής ασυμβατότητας των υλικών.

3.7 Ραδιενέργεια

Πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή της επιβάρυνσης του χάλυβα με ραδιενέργεια.

Οι έλεγχοι αφορούν την πρώτη ύλη που προέρχεται από ανακύκλωση (παλιοσίδερα) καθώς και το τελικό προϊόν.

Ο έλεγχος για την ύπαρξη ραδιενεργών υλικών στην πρώτη ύλη γίνεται σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση 11592 (ΦΟΡ) 1125/ΦΕΚ1633/18-9-99 και τις Προδιαγραφές της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ).

Με αυτήν την Υπουργική Απόφαση καθίσταται υποχρεωτική η εγκατάσταση ειδικών μετρητικών διατάξεων στις βιομηχανίες και στα τελωνεία με τις οποίες θα γίνεται ανίχνευση των ραδιενεργών υλικών. Οι Προδιαγραφές της ΕΕΑΕ που θα καθορίζουν τις διαδικασίες ελέγχου δεν έχουν ακόμη εκδοθεί.

Ο έλεγχος της ραδιενέργειας στο τελικό προϊόν θα γίνεται με εγκυκλίους που θα εκδώσει η ΕΕΑΕ στις οποίες θα καθορίζονται και τα ανώτατα επιτρεπτά επίπεδα αποδέσμευσης.

Ως επίπεδο αποδέσμευσης ορίζεται η τιμή που εκφράζει τη συγκέντρωση ραδιενέργειας ή/και τη συνολική ραδιενέργεια έτσι ώστε υλικά με συγκέντρωση μικρότερη του επιπέδου αυτού να εξαιρούνται των Κανονισμών Ακτινοπροστασίας.

Είναι γενικά παραδεκτό ότι οι ανώτατες επιτρεπτές τιμές ενεργότητας θα πρέπει να είναι της τάξης του 0,1-0,5 Bq/g, ανάλογα με το ραδιενεργό ισότοπο. Η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (I.A.E.A.) προτείνει στο κανονιστικό έγγραφο-οδηγό IAEA-TECDOC-855 του Ιανουαρίου 1996, με τίτλο "Clearance levels for radio nuclides in solid materials", ως ανώτατα επιτρεπτά όρια, για τα κυριότερα ραδιενεργά ισότοπα στα στερεά υλικά, την τιμή 0,1 Bq/g. Όσον αφορά τα επιτρεπτά επίπεδα αποδέσμευσης στο χάλυβα, σημειώνεται ότι βρίσκονται ακόμη υπό μελέτη και διερεύνηση στις περισσότερες χώρες. Ως μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο αποδέσμευσης στο χάλυβα (τελικό προϊόν) θα μπορούσε να επιλεγεί η τιμή 0,1 Bq/g.

Σε περίπτωση ανίχνευσης ραδιενεργού υλικού, το υλικό πρέπει να απομονώνεται και να ενημερώνεται αμέσως η ΕΕΑΕ.

4 Διάβρωση

4.1 Γενικά

Ο χάλυβας πρέπει να προστατεύεται από τη διάβρωση τόσο πριν από την ενσωμάτωσή του στο σκυρόδεμα όσο και μετά από αυτήν.

Ειδικότερα όσον αφορά τη διάβρωση του χάλυβα πριν από την ενσωμάτωσή του στο σκυρόδεμα έχουν εφαρμογή οι Παραγρ. 6.2 και 6.3.

Οσον αφορά την προστασία του χάλυβα από τη διάβρωση μετά την ενσωμάτωσή του στο σκυρόδεμα, αυτή γενικώς καλύπτεται από την παθητική προστασία που του προσδίδει το αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος (όσο το pH είναι μεγαλύτερο από 9,5) και από τη στεγανότητα του σκυροδέματος.

Η διάβρωση του χάλυβα είναι ένα αυθόρμητο φαινόμενο ηλεκτροχημικής φύσεως, του οποίου η ταχύτητα αυξάνεται είτε εντός είτε εκτός του σκυροδέματος:

- Με την αύξηση της θερμοκρασίας και υγρασίας
- Με τη μείωση του pH
- Με την αύξηση της παρουσίας αλάτων (π.χ. θαλάσσιο περιβάλλον)
- Με την ύπαρξη ενεργών κέντρων στην επιφάνεια του χάλυβα (όπως π.χ. οξείες αιχμές ή πληγές, κάμψεις με μικρή ακτίνα καμπυλότητας κλπ)
- Με την παρουσία επιφανειακής αλλοίωσης λόγω αρχικής διάβρωσης
- Με την επαφή χαλύβων διαφορετικού είδους και διαφορετικού ηλεκτροχημικού δυναμικού
- Με την επαφή χαλύβων διαφορετικής κατάστασης διάβρωσης (π.χ. συγκόλληση έντονα διαβρωμένου χάλυβα με καινούργιο μη διαβρωμένο χάλυβα).

Σε ειδικές περιπτώσεις, για τις οποίες απαιτείται μεγαλύτερη προστασία από τη διάβρωση (βλ. π.χ. τον ΚΤΣ-97, Παραγρ. 12) είτε επειδή υπάρχει έντονα διαβρωτικό περιβάλλον είτε επειδή απαιτείται μεγαλύτερη από τη συνήθη, διάρκεια ζωής της κατασκευής, μπορεί να λαμβάνονται, κατά περίπτωση, τα εξής πρόσθετα ενδεικτικά μέτρα:

- Αύξηση της περιεκτικότητας του σκυροδέματος σε τσιμέντο ή χρήση ειδικών τσιμέντων
- Αύξηση της επικάλυψης των οπλισμών με σκυρόδεμα
- Χρήση χαλύβων όπως οι επιψευδαργυρωμένοι (γαλβανισμένοι), οι καλυμμένοι με εποξικό επίστρωμα, οι καλυμμένοι με επίστρωμα ανοξείδωτου χαρακτήρα και οι ανοξείδωτοι.
- Επίστρωση/επίχριση της επιφάνειας του σκυροδέματος με λεπτό προστατευτικό στρώμα από οργανικές ουσίες (π.χ. ακρυλικές διασπορές, εποξικά χρώματα) ή ανόργανες ουσίες (π.χ. χρώματα υδρυάλου)
- Χρήση αναστολέων διάβρωσης
- Καθοδική προστασία.

Τα παραπάνω μέτρα έχουν διαφορετικό κόστος και εξασφαλίζουν διαφορετική διάρκεια προστασίας από τη διάβρωση και το καθένα τους ενδείκνυται κατά περίπτωση. Ενδέχεται όμως να έχουν συνέπειες, που πρέπει να μελετώνται εξαρχής, όπως:

- Δημιουργία γαλβανικών στοιχείων (Γαλβανικό στοιχείο είναι η διάταξη η οποία μπορεί να παράγει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα από τις χημικές δράσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτήν. Η παραγωγή του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να συνεχισθεί μέχρι την πλήρη διάλυση του ηλεκτραρνητικότερου μετάλλου)

- **Αντίδραση του ψευδαργύρου με το $Ca(OH)_2$ του σκυροδέματος κατά την οποία παράγεται υδρογόνο υπό μορφή φυσαλίδων στην περιοχή του οπλισμού μειώνοντας τη συνάφεια (ιδίως των λείων χαλύβων).** Για την αποφυγή αυτού του προβλήματος συνιστάται η χρήση χρωμικών αλάτων (είτε στο σκυρόδεμα είτε στο γαλβανισμένο χάλυβα) είτε η αντικατάσταση του καθαρού ψευδαργύρου από κράμα ψευδαργύρου με σίδηρο ή αλουμίνιο.
- Ενδεχόμενη τοπική αποκόλληση κάθε είδους επίστρωσης.

Π.χ. για περισσότερους από έξι (6) μήνες.

Η ύπαρξη οξειδίων σιδήρου στην επιφάνεια του οπλισμού επηρεάζει τόσο την ταχύτητα περαιτέρω διάβρωσης όσο και τη συνάφεια μεταξύ του οπλισμού και του σκυροδέματος. Ειδικότερα η ύπαρξη οξειδίων στην επιφάνεια σε μικρές ποσότητες αυξάνει τη συνάφεια μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος αλλά από μια ποσότητα οξειδίων σιδήρου και επάνω τη μειώνει. Για τον λόγο αυτό η παρουσία ελαφρού στρώματος επιφανειακής σκουριάς δεν θεωρείται βλαπτική.

Θεωρείται βλαπτική εκείνη η ποσότητα οξειδίων σιδήρου η οποία δεν μπορεί να αφομοιωθεί από το νωπό σκυρόδεμα μέσω της μετατροπής τους σε φεριτική φάση (C_4AF). Το ποσόν αυτό εξαρτάται από τη σύσταση του τσιμέντου και ιδίως από το ποσοστό του C_3A του τσιμέντου αλλά και από το πορώδες του σκυροδέματος.

Μια πρώτη προσέγγιση μπορεί να γίνει με υπολογισμό της ποσότητας των οξειδίων σιδήρου την οποία μπορεί να αφομοιώσει το τσιμέντο Πόρτλαντ. Θεωρητικοί υπολογισμοί οδηγούν στην ποσότητα οξειδίων σιδήρου $350g/m^2$ (ή πάχος 150μm, περίπου), που μπορούν να αντιδρούν κατά την παραπάνω διαδικασία.

Εάν η επιφάνεια του χάλυβα παρουσιάζει αλλοιώσεις λόγω διάβρωσης, η διαπίστωση της υπέρβασης ή μη του ανωτέρω ορίου πραγματοποιείται με την ακόλουθη δοκιμή:

Από δείγμα χάλυβα μήκους τουλάχιστον 0,40m λαμβάνεται δοκίμιο μήκους τουλάχιστον 0,20m το οποίο ζυγίζεται με ακρίβεια τουλάχιστον 0,01g. Στη συνέχεια εμβαπτίζεται σε διάλυμα υδροχλωρικού οξέος 12% W/V (υδατικό διάλυμα 12g HCl σε 100ml διαλύματος) και εξαμεθυλενοτετραμίνη 0,35% W/V. Το δοκίμιο του χάλυβα ζυγίζεται κάθε 30min μέχρι σταθερού βάρους. Υπολογίζεται η διαφορά βάρους:

$$\Delta\beta = \text{αρχικό βάρος} - \text{τελικό βάρος}$$

Υπολογίζεται το εμβαδόν της επιφάνειας του δοκιμίου και εκφράζεται το αποτέλεσμα σε g/m^2. Η υπολογιζόμενη τιμή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $350g/m^2$.

Οι κάθε είδους αναμονές θα προστατεύονται από την ατμοσφαιρική (ή άλλη) διάβρωση αν πρόκειται να παραμείνουν εκτεθειμένες για διάστημα ικανό να προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις.

4.2 Ελεγχος διάβρωσης

Κατά την τοποθέτηση στην τελική θέση, ο χάλυβας πρέπει να είναι απαλλαγμένος από εμφανείς απολεπίσεις, αλλοιώσεις ή αθέλητες παραμορφώσεις και πληγές, οι οποίες εκτός των άλλων επιταχύνουν το φαινόμενο της διάβρωσης.

Εάν μετά τον καθαρισμό παρατηρηθεί η ύπαρξη έντονων βελονισμών (pitting) θα πρέπει να συνεκτιμηθεί ο κίνδυνος της διάβρωσης με μηχανική καταπόνηση η οποία οδηγεί σε ψαθυρή θραύση. Ο έλεγχος των βελονισμών εκτελείται με ειδική δοκιμή σύμφωνα με το DIN 50905-Part 3/78.

Οι δοκιμές για τον έλεγχο της διάβρωσης θα εκτελούνται αποκλειστικά από οργανωμένο εργαστήριο.

5 Διαδικασίες ελέγχου και κριτήρια συμμόρφωσης

5.1 Εισαγωγή

Από την Υπ. Απόφαση 15283/Φ7/422, ΦΕΚ 746/Β/30-8-95 και τις διευκρινιστικές Εγκυκλίους 23934/Φ7/670/29-12-95 και 23237/Φ7α9/463/1-12-99 του ΥΒΕΤ.

Χώρες της ΕΖΕΣ είναι η Νορβηγία, η Ισλανδία και το Λιχτενστάιν.

Οι χάλυβες που διακινούνται στον Ελληνικό χώρο διακρίνονται, ανάλογα με τη χώρα παραγωγής τους:

- Στους εγχωρίως παραγόμενους
- Στους παραγόμενους από λοιπές χώρες της Ευρωπαϊκής Ενωσης και χώρες της ΕΖΕΣ
- Στους παραγόμενους από τρίτες χώρες.

Για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις εφαρμόζονται από τις αρμόδιες Αρχές διαφορετικές διαδικασίες ελέγχου και κριτήρια συμμόρφωσης (Παραγρ. 5.2, 5.3 και 5.4). Παράλληλα προβλέπονται και δειγματοληπτικοί έλεγχοι σε όλα τα στάδια διακίνησης των χαλύβων, ανεξάρτητα από τη χώρα παραγωγής τους (Παραγρ. 5.5).

Ελέγχονται οι εξής ιδιότητες:

- Ορια διαρροής, εφελκυστική αντοχή και παραμόρφωση θραύσης
- Κάμψη-ανάκαμψη, αναδίπλωση
- Διαστάσεις
- Χημική σύσταση των συγκολλήσιμων χαλύβων.

Οι διενεργούμενες δοκιμές είναι:

- Δοκιμή εφελκυσμού (κατά ΕΛΟΤ 1045)
- Δοκιμή αναδίπλωσης (κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971)
- Δοκιμή κάμψης-ανάκαμψης (κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971)
- Ελεγχος χημικής σύστασης (κατά ΕΛΟΤ 971).

Για τον έλεγχο συγκεκριμένης ποσότητας, ο χρήστης έχει επίσης τη δυνατότητα να διενεργήσει δειγματοληπτικούς ελέγχους σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.

Κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί, με βάση τον αριθμό χύτευσης, να ζητήσει σχετική βεβαίωση από το εργοστάσιο, στην οποία να αναφέρονται οι τιμές των παραπάνω ιδιοτήτων για την υπόψη χύτευση.

5.2 Ελεγχοι και κριτήρια συμμόρφωσης για τους εγχωρίως παραγόμενους χάλυβες

Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δηλώνει ότι παρέχονται επαρκή εχέγγυα για τη συμμόρφωση ενός επαρκώς τυποποιημένου προϊόντος, μιας διαδικασίας ή υπηρεσίας ως προς συγκεκριμένα Πρότυπα ή άλλα κανονιστικά έγγραφα. Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δεν αποτελεί "Πιστοποιητικό Ελέγχου" για συγκεκριμένη παρτίδα (βλ. και Σχόλιο Παραγρ. 5.4).

Οι εγχώριες χαλυβουργίες πρέπει να διαθέτουν για τους χάλυβες που παράγουν Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας), το οποίο εκδίδεται από τον ΕΛΟΤ σύμφωνα με τις διατάξεις της Υπ. Απόφασης Αρ. 8316/1114 (ΦΕΚ306/Β/27-4-89) και με τα κριτήρια συμμόρφωσης που προβλέπονται στον Ειδικό Κανονισμό Πιστοποίησης (ΕΚΠ 3-87) του ΕΛΟΤ.

5.3 Ελεγχοι και κριτήρια συμμόρφωσης για τους παραγόμενους χάλυβες στις λοιπές χώρες της Ευρωπαϊκής Ενωσης και τις χώρες της ΕΖΕΣ

Οι διακινούμενοι χάλυβες από τις χώρες της Ε.Ε., περιλαμβανομένων και των χωρών της ΕΖΕΣ, πρέπει να καλύπτονται υποχρεωτικά από Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας), εκδιδόμενο με βάση σύστημα πιστοποίησης αναγνωρισμένο από δημόσια αρχή της χώρας παραγωγής, από το οποίο να προκύπτει ότι οι χάλυβες αυτοί είναι σύμφωνοι με τις κατηγορίες που αναφέρονται σε αυτόν τον Κανονισμό.

Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δηλώνει ότι παρέχονται επαρκή εχέγγυα για τη συμμόρφωση ενός επαρκώς τυποποιημένου προϊόντος, μιας διαδικασίας ή υπηρεσίας ως προς συγκεκριμένα Πρότυπα ή άλλα κανονιστικά έγγραφα. Το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) δεν αποτελεί "Πιστοποιητικό Ελέγχου" για συγκεκριμένη παρτίδα (βλ. και Σχόλιο Παραγρ. 5.4).

5.4 Ελεγχοι και κριτήρια συμμόρφωσης για τους παραγόμενους από τρίτες χώρες χάλυβες

Οι παραγόμενοι από τρίτες χώρες χάλυβες πρέπει να συνοδεύονται από Πιστοποιητικό Ελέγχου το οποίο εκδίδεται από τον ΕΛΟΤ με βάση την Υπουργική Απόφαση 15283/Φ7/422, ΦΕΚ 746/Β/30-8-95 και τις διευκρινιστικές Εγκυκλίους 23934/Φ7/670/29-12-95 και 23237/Φ7α9/463/1-12-99 του ΥΒΕΤ.

Το Πιστοποιητικό Ελέγχου αναφέρεται στη συγκεκριμένη ποσότητα που συνοδεύει και μόνο σε αυτήν.

5.5 Δειγματοληπτικοί έλεγχοι παρτίδας

Ο χρήστης ή η αρμόδια Δημόσια Αρχή δικαιούνται να προβαίνουν σε δειγματοληπτικούς ελέγχους ως εξής:

- Για το όριο διαρροής, την εφελκυστική αντοχή, το λόγο της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής f_t/f_y, και την παραμόρφωση θραύσης σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.1
- Για την κάμψη-ανάκαμψη και την αναδίπλωση σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.2
- Για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.3
- Για τη χημική σύσταση σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.4 (για τους συγκολλήσιμους χάλυβες)
- Για τη διάβρωση σύμφωνα με την Παραγρ. 5.5.5.

Τα δείγματα ελέγχονται όπως παραλαμβάνονται χωρίς προηγούμενο καθαρισμό ή άλλη επεξεργασία.

Για το σύνολο των ελέγχων θεωρείται επαρκές ένα συνολικό μήκος δείγματος 1,5m.

5.5.1 Ελεγχος ορίου διαρροής, εφελκυστικής αντοχής και παραμόρφωσης θραύσης μιας παρτίδας

Από τρεις διαφορετικές ράβδους μιας παρτίδας λαμβάνονται τρία δοκίμια μήκους περίπου 0,70m που υποβάλλονται σε δοκιμή εφελκυσμού. Αν και τα τρία αποτελέσματα των δοκιμών ικανοποιούν τις χαρακτηριστικές τιμές του Πίνακα 3.2-1 τότε η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού. Αν έστω και ένα δοκίμιο δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, λαμβάνονται δέκα επιπλέον δοκίμια από διαφορετικές ράβδους της παρτίδας. Η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού αν η μέση τιμή των δέκα δοκιμίων είναι μεγαλύτερη από τη χαρακτηριστική τιμή του Πίνακα 3.2-1 και αν ταυτοχρόνως κάθε μια μεμονωμένη τιμή είναι μεγαλύτερη από το 0,95 της χαρακτηριστικής τιμής του Πίνακα 3.2-1. Στην αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.

Δεν αποκλείεται ο έλεγχος σε ράβδους από διαφορετική χύτευση, αλλά τότε η πιθανότητα να γίνει αποδεκτή ποσότητα κατώτερης ποιότητας είναι μεγαλύτερη.

Ο αριθμός των δειγμάτων έχει ληφθεί από το prEN 10080-1/99.

Στην περίπτωση που ο χρήστης απαιτήσει χάλυβες σύμφωνα με τον Πίνακα Σ3.2-1 τότε ο δειγματοληπτικός έλεγχος θα γίνεται ως εξής:

Από τρεις διαφορετικές ράβδους μιας παρτίδας λαμβάνονται τρία δοκίμια μήκους περίπου 0,70m που υποβάλλονται σε δοκιμή εφελκυσμού. Αν και τα τρία αποτελέσματα των δοκιμών ικανοποιούν τις χαρακτηριστικές τιμές του Πίνακα Σ5.5.1-1 τότε η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Πίνακα Σ3.2-1. Αν έστω και ένα δοκίμιο δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, λαμβάνονται δέκα επιπλέον δοκίμια από διαφορετικές ράβδους της παρτίδας.

Η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Πίνακα Σ3.2-1 αν η μέση τιμή των δέκα δοκιμίων είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη κατά περίπτωση από τη χαρακτηριστική τιμή του Πίνακα Σ5.5.1-1 και αν ταυτοχρόνως κάθε μια μεμονωμένη τιμή είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ελάχιστη τιμή (ή μικρότερη από την αντίστοιχη μέγιστη τιμή) του Πίνακα Σ5.5.1-1. Στην αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.

Πίνακας Σ5.5.1-1 Απαιτήσεις μηχανικών ιδιοτήτων για τους δειγματοληπτικούς ελέγχους

Μέγεθος	Χαρακτηριστική τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
$f_{y,obs}$ [1]	f_y	0,95f_y	1,30f_y
$f_{t,obs}/f_{y,obs}$ [1]	≥ 1,10 ≤ 1,35	1,07	 1,37
$\varepsilon_{u,k}$ (%)	≥ 7,00	6,70	

[1] Obs(erved) : Παρατηρούμενη

5.5.2 Ελεγχος κάμψης-ανάκαμψης ή αναδίπλωσης μιας παρτίδας

Από τρεις διαφορετικές ράβδους μια παρτίδας λαμβάνονται τρία δοκίμια μήκους 0,70m περίπου τα οποία υποβάλλονται σε δοκιμή κάμψης-ανάκαμψης για Φ>12mm ή αναδίπλωσης για Φ≤12mm. Επιτυχής θεωρείται ο έλεγχος όταν δεν προκληθεί θραύση ή όταν δεν εμφανισθούν ρωγμές στο δοκίμιο. Αν όλα τα δοκίμια περάσουν επιτυχώς τον έλεγχο, τότε η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού. Αν έστω και ένα δοκίμιο δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, λαμβάνονται δέκα επιπλέον δοκίμια από διαφορετικές ράβδους. Η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού αν όλα τα επιπλέον δοκίμια περάσουν επιτυχώς τον έλεγχο. Στην αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.

5.5.3 Ελεγχος γεωμετρικών χαρακτηριστικών μιας παρτίδας

Από τρεις διαφορετικές ράβδους μιας παρτίδας λαμβάνονται τρία δοκίμια τα οποία πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Παραγρ. 3.1. Αν όλα τα δοκίμια περάσουν επιτυχώς τον έλεγχο τότε η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού. Αν έστω και ένα δοκίμιο δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, λαμβάνονται δέκα επιπλέον δοκίμια από διαφορετικές ράβδους. Η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού αν όλα τα επιπλέον δοκίμια περάσουν επιτυχώς τον έλεγχο. Στην αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται.

5.5.4 Ελεγχος χημικής σύστασης μιας παρτίδας (αφορά τους συγκολλήσιμους χάλυβες)

Από δύο διαφορετικές ράβδους μιας παρτίδας λαμβάνονται δύο δοκίμια μήκους τουλάχιστον 0,10m τα οποία υποβάλλονται σε χημική ανάλυση η οποία πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Πίνακα 3.5.1-1. Αν όλα τα δοκίμια περάσουν επιτυχώς τον έλεγχο τότε η παρτίδα θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού. Αν έστω και ένα δοκίμιο δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, η παρτίδα απορρίπτεται.

5.5.5 Ελεγχος διάβρωσης

Ο έλεγχος της διάβρωσης γίνεται σύμφωνα με την Παραγρ. 4.2.

ΜΕΡΟΣ Γ

6 Διακίνηση

Οι επιχειρήσεις διάθεσης ή/και διαμόρφωσης χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος είναι γνωστές και ως "μάντρες".

Οι παρακάτω διατάξεις αναφέρονται στη διακίνηση των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, μετά την παραγωγή τους και πριν τη διαμόρφωσή τους. Αφορούν δηλαδή τη διάθεσή τους από τους παραγωγούς, τους εισαγωγείς, τους κάθε είδους προμηθευτές και τις επιχειρήσεις διάθεσης.

Κάθε επιχείρηση διάθεσης χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος πρέπει να ικανοποιεί βασικές απαιτήσεις σχετικά με την οργάνωση, τον εξοπλισμό και την τεχνική στελέχωση. Υποχρεούται να παρακολουθεί τις ενδεχόμενες τροποποιήσεις των κατασκευαστικών απαιτήσεων των Κανονισμών και να προσαρμόζει ανάλογα το προσωπικό και τον εξοπλισμό διαμόρφωσης των χαλύβων, αν ταυτόχρονα λειτουργεί και ως επιχείρηση διαμόρφωσης (βλ. Παραγρ. 7.2).

6.1 Στελέχωση επιχειρήσεων διάθεσης οπλισμού

Συνιστάται ο τεχνικός να είναι απόφοιτος τουλάχιστον μέσης τεχνικής σχολής.

Κάθε επιχείρηση διάθεσης οπλισμού θα απασχολεί έναν τουλάχιστον τεχνικό, ο οποίος θα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει τις διαφορετικές κατηγορίες των διακινούμενων χαλύβων, τηρώντας και το αντίστοιχο αρχείο πιστοποιητικών από τους προμηθευτές.

6.2 Αποθήκευση

Κατά την αποθήκευσή τους οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος πρέπει να είναι ταξινομημένοι ανάλογα με την κατηγορία, την προέλευση, τη διάμετρο, την ημερομηνία παραλαβής, το μήκος (για ευθύγραμμες ράβδους) ή άλλα χαρακτηριστικά διαστάσεων και βάρους (για ρόλους). Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να είναι δυνατή η εύκολη επιτόπια επαλήθευση της ταυτότητας των προϊόντων.

Για την αποφυγή διάβρωσης κατά την αποθήκευση των χαλύβων, συνιστώνται ενδεικτικά τα εξής προστατευτικά μέτρα:

- Αποθήκευση του χάλυβα σε στεγασμένους χώρους
- Τοποθέτηση κατά την αποθήκευση πάνω σε κατάλληλα υποστηρίγματα.

Κατά την αποθήκευσή τους οι χάλυβες πρέπει να προστατεύονται από διάβρωση, μηχανική φθορά ή πληγές και οτιδήποτε θα μπορούσε να επηρεάσει τη συνάφειά τους με το σκυρόδεμα και γενικότερα να αλλοιώσει τα χαρακτηριστικά τους.

Οι χάλυβες πρέπει να είναι απαλλαγμένοι από λάδια, γράσα, λάσπες, χώματα ή προϊόντα διάβρωσης.

Τα παραπάνω προστατευτικά μέτρα εφαρμόζονται:

- Στα εργοστάσια και τις αποθήκες των παραγωγών
- Στις επιχειρήσεις διάθεσης ή διαμόρφωσης οπλισμού
- Στο εργοτάξιο που θα χρησιμοποιηθούν οι χάλυβες, αν πρόκειται να παραμείνουν σε αυτό για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά το οποίο κινδυνεύουν να υποστούν αλλοιώσεις.

Κάθε φορά που οι χάλυβες μετακινούνται από τον χώρο αποθήκευσης, ελέγχονται για να διαπιστωθεί αν υπάρχει μεταβολή της κατάστασής τους. Αν η χρονική περίοδος της αποθήκευσης είναι μεγάλη και οι γενικότερες συνθήκες επιβαρυμένες, ο έλεγχος γίνεται και σε ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα.

6.3 Μεταφορά

Πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε κατά τη μεταφορά οι χάλυβες να μην υφίστανται πληγές ή φθορές (μηχανικές φθορές ή διάβρωση). Ειδικότερα δεν επιτρέπεται:

- Η δημιουργία πληγών και εγκοπών ή άλλων μηχανικών βλαβών
- Η επαφή με ουσίες που πιθανώς προκαλούν μείωση της συνάφειας ή προβλήματα διάβρωσης
- Η πρόκληση μόνιμων παραμορφώσεων που αλλοιώνουν τα χαρακτηριστικά των χαλύβων, όπως έχουν παραχθεί και περιγράφονται στην παραγγελία (βλ. Παραγρ. 6.4) ή όπως έχουν διαμορφωθεί και περιγράφονται στο Τεχνικό Δελτίο Παράδοσης για εφαρμογή σε συγκεκριμένο έργο (βλ. Παραγρ. 6.5)
- Η καταστροφή των πινακίδων ταυτότητας ή η αλλοίωση της σήμανσης.

Ιδιαίτερα όταν ο χάλυβας μεταφέρεται με πλοία, τόσο κατά τη μεταφορά όσο και κατά την παραμονή του στις αποβάθρες, ενδέχεται να διαβραχεί με θαλασσινό νερό και γι' αυτό πρέπει να είναι κατάλληλα προστατευμένος.

6.4 Παραγγελία

Η παραγγελία χαλύβων πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τις εξής πληροφορίες:

- Την περιγραφή της μορφής (π.χ. ευθύγραμμοι ράβδοι, ρόλοι κλπ.)
- Τις ποσότητες ανά διάμετρο και κατηγορία.

Τυποποιημένα δελτία παραγγελίας, βοηθούν σε αυτήν την κατεύθυνση. Η διατήρηση τους, σε σχετικό αρχείο, είναι χρήσιμη, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αμφισβητήσεων.

6.5 Συνοδευτικά έγγραφα

Οι χάλυβες οπλισμού που έχουν παραχθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις αυτού του Κανονισμού, πρέπει σε όλα τα στάδια της διακίνησής τους να συνοδεύονται από:

Στα στάδια διακίνησης εντάσσεται και η μεταφορά από την επιχείρηση διάθεσης στο εργοτάξιο.

α) Το Δελτίο Αποστολής

β) Το Τεχνικό Δελτίο Παράδοσης, το οποίο πρέπει να περιέχει τις παρακάτω πληροφορίες:
- Τον αριθμό του σχετικού δελτίου παραγγελίας
- Τη χώρα και το εργοστάσιο παραγωγής
- Την κατηγορία του χάλυβα
- Τη σήμανση του προϊόντος
- Τις ποσότητες ανά διάμετρο και κατηγορία
- Τον αριθμό του Πιστοποιητικού Συμμόρφωσης ή του Πιστοποιητικού Ελέγχου
- Τις όποιες εργασίες διαμόρφωσης έγιναν από την επιχείρηση διαμόρφωσης (βλ. Κεφ. 7).

Τα αναγραφόμενα στο Τεχνικό Δελτίο Παράδοσης υπέχουν θέση Υπεύθυνης Δήλωσης.

Οι πληροφορίες του Τεχνικού Δελτίου Παράδοσης μπορούν να περιέχονται στο Δελτίο Αποστολής.

γ) Αντίγραφο των πιστοποιητικών ελέγχου παραγωγής, από τον παραγωγό.

Πέραν του Τεχνικού Δελτίου Παράδοσης, κάθε δέσμη ράβδων και κάθε ρόλος πρέπει να φέρει πινακίδα, σταθερά συνδεδεμένη, στην οποία να περιέχονται κατ' ελάχιστο οι εξής πληροφορίες:

- Η χώρα και το εργοστάσιο παραγωγής
- Η κατηγορία των χαλύβων
- Ο μήνας και το έτος παραγωγής
- Ο αριθμός χύτευσης
- Η περιγραφή της μορφής του προϊόντος και η ονομαστική διάμετρος
- Η σήμανση.

7 Διαμόρφωση – Κατεργασία

7.1 Γενικές απαιτήσεις

Η κοπή, η κάμψη και η εν γένει διαμόρφωση των χαλύβων οπλισμού πρέπει να είναι σύμφωνη με τα κατασκευαστικά σχέδια και τις απαιτήσεις του Κανονισμού για τη μελέτη και Κατασκευή Εργων από Σκυρόδεμα (ΝΕΚΩΣ 95).

Η διαμόρφωση του οπλισμού σκυροδέματος, γίνεται είτε στο εργοτάξιο είτε σε επιχειρήσεις διαμόρφωσης οι οποίες πληρούν τις απαιτήσεις σχετικά με την οργάνωση, τον εξοπλισμό και την τεχνική στελέχωσή τους, όπως ορίζονται παρακάτω.

7.2 Επιχειρήσεις διαμόρφωσης οπλισμού

Κάθε επιχείρηση διαμόρφωσης οπλισμού θα απασχολεί έναν τουλάχιστον τεχνικό, απόφοιτο τουλάχιστον ΤΕΙ, ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για την ορθή εφαρμογή των κατασκευαστικών σχεδίων και της μελέτης. Επίσης, θα πρέπει να είναι σε θέση:

- Να αναγνωρίζει τις διαφορετικές κατηγορίες των διακινούμενων χαλύβων, τηρώντας και το αντίστοιχο αρχείο των συνοδευτικών εγγράφων που χορηγούν οι προμηθευτές
- Να κατανοεί τα κατασκευαστικά σχέδια και τα σχέδια των ξυλοτύπων και γενικότερα τις απαιτήσεις του μελετητή ή του επιβλέποντος μηχανικού σχετικά με τη διαμόρφωση των χαλύβων, σε συνδυασμό με το δελτίο παραγγελίας
- Να γνωρίζει τις βασικές κατασκευαστικές απαιτήσεις των Κανονισμών, σε σχέση με την κοπή και την κάμψη των ράβδων οπλισμού
- Να επιβλέπει την κοπή, την κάμψη, τη διαμόρφωση των οπλισμών γενικά, καθώς και τις συγκολλήσεις που γίνονται στην επιχείρηση διαμόρφωσης.

Οι επιχειρήσεις διαμόρφωσης υποχρεούνται να παρακολουθούν τις ενδεχόμενες τροποποιήσεις των κατασκευαστικών απαιτήσεων των Κανονισμών και να επιμορφώνουν το προσωπικό και να προσαρμόζουν ανάλογα τον εξοπλισμό διαμόρφωσης των χαλύβων.

Στην περίπτωση που οι επιχειρήσεις διαμόρφωσης παραλαμβάνουν από παραγωγό (ή άλλον) οποιασδήποτε μορφής πλήρως ή μερικώς προδιαμορφωμένους ή προκατασκευασμένους οπλισμούς, διατηρούν την ευθύνη τήρησης των συνολικών απαιτήσεων της μελέτης και των Κανονισμών σχετικά με την ποιότητα και την τελική διαμόρφωση των οπλισμών.

Ενδεικτικά αναφέρονται: αναδιπλωμένα πλέγματα, εσχάρες, κλωβοί, σπειροειδείς συνδετήρες.

7.3 Κοπή

Η κοπή των χαλύβων οπλισμού πρέπει να γίνεται με μηχανικά μέσα (ψαλίδι, δίσκο κλπ) και να λαμβάνεται πρόνοια ώστε να μην προκαλούνται μηχανικές ή άλλες βλάβες. Η κοπή με φλόγα απαγορεύεται.

Η ελάχιστη διάμετρος του τυμπάνου D καθορίζεται κυρίως από την ανηγμένη παραμόρφωση θραύσης του χάλυβα υπό καμπτικές συνθήκες.

Ο Πίνακας 17.1 του ΝΕΚΩΣ-95 προβλέπει τα παρακάτω όρια:

- Για Φ<20mm D=4Φ
- Για Φ≥20mm D=7Φ

Σημειώνεται ότι διεθνώς δεν υπάρχει συμφωνία σχετικά με τις ελάχιστες διαμέτρους των τυμπάνων για τη δοκιμή κάμψης-ανάκαμψης. Ετσι:

- Κατά το ΕΛΟΤ 971, για S500s :
  - Φ≤18mm D=8Φ
  - 18mm<Φ≤25mm D=10Φ
  - Φ>25mm D=12Φ

- Κατά το DIN 488, για BSt 500s:
  - Φ≤12mm D=5Φ
  - Φ=14 mm και 16mm D=6Φ
  - 20mm≤Φ≤28mm D=8Φ

- Κατά το prEN10080-3/99, για B500B:
  - Φ≤16mm D=5Φ
  - 16mm<Φ≤25mm D=8Φ
  - Φ>25mm D=10Φ

7.4 Κάμψη

Η κάμψη των ράβδων οπλισμού, πρέπει να γίνεται με μία ελάχιστη διάμετρο τυμπάνου D, έτσι ώστε να αποφεύγεται η ρηγμάτωση της ράβδου και να εξασφαλίζεται η ακεραιότητα του σκυροδέματος από τις αναπτυσσόμενες τοπικά, στην περιοχή της καμπύλωσης, ισχυρές πιέσεις άντυγας.

Η ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης δίνεται στον Πίνακα 17.1 του ΝΕΚΩΣ-95.

Απαγορεύεται η επανευθυγράμμιση καμφθείσας ράβδου.

Η κάμψη των χαλύβων πρέπει να γίνεται αποκλειστικά με μηχανικά μέσα και με τη βοήθεια τυμπάνων έτσι ώστε το καμπύλο τμήμα της ράβδου να έχει σταθερή ακτίνα καμπυλότητας. Η κάμψη πρέπει να γίνεται με σταθερή ταχύτητα χωρίς κραδασμούς. Η κάμψη με φλόγα απαγορεύεται.

Οι επιχειρήσεις διαμόρφωσης υποχρεούνται να διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό για την κάμψη των χαλύβων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Κανονισμών. Απαραιτήτως πρέπει να υπάρχουν όλες οι απαιτούμενες διάμετροι των πείρων και τυμπάνων.

7.5 Συγκόλληση

Οι συνδέσεις ράβδων οπλισμού με συγκόλληση επιτρέπεται να γίνονται στις επιχειρήσεις διαμόρφωσης, στο εργοστάσιο και στο εργοτάξιο. Οι επιτρεπόμενες μέθοδοι συγκόλλησης και οι τρόποι σύνδεσης περιγράφονται στην Παραγρ. 8.3.2.

7.6 Έλεγχος και παραλαβή οπλισμού στο έργο

Κατά την παράδοση των χαλύβων στο έργο, ο επιβλέπων μηχανικός ελέγχει με βάση το Δελτίο Παραγγελίας και το Τεχνικό Δελτίο Παράδοσης της επιχείρησης διάθεσης ή διαμόρφωσης αν οι παραλαμβανόμενοι χάλυβες καλύπτουν τις βασικές απαιτήσεις ποιότητας και διαμόρφωσης που έχουν τεθεί. Σε περίπτωση ασυμφωνίας απαγορεύεται η ενσωμάτωση τους στο έργο, εκτός αν γίνουν πρόσθετοι κατάλληλοι έλεγχοι. (βλ. και Παραγρ. 5.5).

7.7 Διαμόρφωση οπλισμού στο εργοτάξιο

Στην περίπτωση διαμόρφωσης του οπλισμού στο έργο ισχύουν οι ίδιες απαιτήσεις όπως και για τη διαμόρφωση οπλισμού σε επιχειρήσεις διαμόρφωσης οπλισμού. Υπεύθυνος για την επάρκεια και την καταλληλότητα του εξοπλισμού διαμόρφωσης είναι ο αρμόδιος εργολάβος ή υπεργολάβος.

7.8 Ανοχές διαμόρφωσης και τοποθέτησης ράβδων οπλισμού σκυροδέματος

Οι ράβδοι οπλισμού σκυροδέματος όπως διαμορφώνονται στο έργο, πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις ανοχών, οι οποίες αντιστοιχούν σε πιθανή απόκλιση ΔL μιας διάστασης L σε σχέση προς την ονομαστική της τιμή:

- Ανοχές μήκους κοπής ενός ευθύγραμμου τμήματος μήκους L:
  - L≤6m ΔL=±20mm
  - L>6m ΔL=±30mm
- Ανοχές μήκους κεκαμμένου τμήματος μήκους L:
  - L≤0,5m ΔL=±10mm
  - 0,5m<L≤1,5m ΔL=±15mm
  - L>1,5m ΔL=±20mm
- Ανοχές απόστασης μεταξύ διαδοχικών παράλληλων ράβδων, για απόσταση L μεταξύ των ράβδων:
  - L≤0,05m ΔL=± 5mm
  - 0,05m<L≤0,20m ΔL=±10mm
  - 0,20m<L≤0,40m ΔL=±20mm
  - L>0,40m ΔL=±30mm
- Ανοχές επικάλυψης του οπλισμού: Ισχύουν οι τιμές της Παραγρ. 5.2.9 του Κανονισμού για τη μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα.

Σε ορισμένες κατασκευές μπορεί να επιτρέπεται μικρότερη ακρίβεια ενώ σε άλλες μπορεί να απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό πρέπει να δηλώνεται στα σχέδια, επειδή έχει σημαντική επίδραση στο κόστος. Υπερβολικά μικρές ανοχές αυξάνουν κατά πολύ το κόστος τοποθέτησης του οπλισμού πέραν του ότι ενδέχεται να είναι αδιάφορες για τη συμπεριφορά των δομικών στοιχείων ή και να μη μπορούν να τηρηθούν. Οι τιμές που δίνονται εδώ είναι από το CEB 164 και αντιστοιχούν σε "καλής ποιότητας" εργασία σχετικά με την τοποθέτηση και διάταξη του οπλισμού.

8 Τοποθέτηση οπλισμών

8.1 Διάταξη – Συγκράτηση - Στήριξη

Θα λαμβάνεται πρόνοια για:

- Συμμόρφωση προς το χρονικό προγραμματισμό του έργου και προς τις απαιτούμενες ανοχές
- Ικανοποίηση των απαιτήσεων σχετικά με τις αποστάσεις και τις ενώσεις των ράβδων, καθώς και με τις επικαλύψεις του οπλισμού και με το μήκος παραθέσεως των ράβδων
- Αμεταθετότητα των ράβδων και σταθερότητα του κλωβού
- Δυνατότητα εντυπήσεως, διαστρώσεως και δονήσεως του σκυροδέματος.

Η διαμόρφωση και συναρμολόγηση του οπλισμού μπορεί να γίνεται:

- Σε επιχειρήσεις διαμόρφωσης οπλισμού
- Σε ειδικό χώρο του έργου
- Στην άμεση γειτονιά του δομικού στοιχείου, επί του ξυλοτύπου.

Οταν οι συνδετήρες των τοιχωμάτων/υποστυλωμάτων (ή δοκών) δεν είναι καλά στερεωμένοι στις διαμήκεις ράβδους, είναι δυνατόν κατά τη σκυροδέτηση να παρασυρθούν στη βάση του στοιχείου χωρίς μάλιστα αυτό να γίνει αντιληπτό ή οι διαμήκεις ράβδοι να μετακινηθούν και να μην παραμείνουν στη θέση τους.

Η συναρμολόγηση του οπλισμού πρέπει να παρουσιάζει επαρκή αντοχή, ακαμψία και σταθερότητα ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι ράβδοι δε θα μετατεθούν από την προκαθορισμένη θέση τους κατά τη μεταφορά, τοποθέτηση και σκυροδέτηση.

Για την εξασφάλιση της σταθερότητας, όταν ο οπλισμός δεν συναρμολογείται επιτόπου, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν δευτερεύουσες (βοηθητικές) ράβδοι οπλισμού οι οποίες γενικά θεωρείται ότι δεν συμμετέχουν στην ανάληψη της έντασης. Η τοποθέτηση, όμως, αυτών των πρόσθετων ράβδων οπλισμού πρέπει επίσης να ικανοποιεί τις βασικές απαιτήσεις των Κανονισμών, κατά την κρίση του Μηχανικού.

Η σύνδεση/συγκράτηση των ράβδων μεταξύ τους μπορεί να γίνει με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Με σύρμα διαμέτρου 1 έως 2mm (συνηθέστερα) απλό ή διπλό
- Με ειδικά εξαρτήματα (σπανιότερα)
- Με συγκόλληση (στην περίπτωση αυτή οι συγκολλήσεις πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Παραγρ. 8.3.2.2).

Η ακρίβεια της τοποθέτησης αφορά τις αποστάσεις και τις ενώσεις των ράβδων μεταξύ τους καθώς και τις αποστάσεις από τον ξυλότυπο ή την ελεύθερη επιφάνεια.

Ο οπλισμός πρέπει να εξασφαλίζεται έναντι μετατοπίσεων και η ακρίβεια της τοποθέτησης πρέπει να ελέγχεται πριν από τη σκυροδέτηση.

Για τις απαιτήσεις σχετικά με τους αποστατήρες βλ Παραγρ. 8.2.4.

Η ελάχιστη επικάλυψη του οπλισμού πρέπει να εξασφαλίζεται με κατάλληλα στηρίγματα, υποθέματα και αποστατήρες.

Η απαίτηση αυτή κανονικά θα πρέπει να έχει ικανοποιηθεί ήδη από το στάδιο της μελέτης και σύνταξης των λεπτομερειών όπλισης.

Σε περιοχές με έντονη πύκνωση του οπλισμού πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα διέλευσης δονητή, τουλάχιστον κατά εύλογες αποστάσεις, όσες επιτρέπονται από τη ρευστότητα του σκυροδέματος ή άλλους παράγοντες.

Το λάδωμα του ξυλοτύπου θα προηγείται της τοποθέτησης του οπλισμού.

Σε κάθε περίπτωση οι οπλισμοί πρέπει να προστατεύονται από οτιδήποτε θα μπορούσε να επηρεάσει τη συνάφεια του οπλισμού με το σκυρόδεμα. Οι χάλυβες πρέπει να είναι απαλλαγμένοι από λάδια, γράσσα, λάσπες, χώματα ή προϊόντα διάβρωσης.

8.2 Επικαλύψεις - Αποστατήρες - Προστασία αναμονών - Επιδερμικός οπλισμός

Προβλέπεται ελάχιστη επικάλυψη του οπλισμού για λόγους ανθεκτικότητας, συνάφειας και πυρασφάλειας.

8.2.1 Η ελάχιστη επικάλυψη που απαιτείται για λόγους ανθεκτικότητας δίνεται από τον ΝΕΚΩΣ-95 (Παραγρ.5.1. και Πίνακας 5.1), συναρτήσει των συνθηκών περιβάλλοντος, του είδους του δομικού στοιχείου, της ποιότητας του σκυροδέματος και της χρήσης του έργου.

8.2.2 Η ελάχιστη επικάλυψη που απαιτείται για λόγους συνάφειας δίνεται επίσης από τον ΝΕΚΩΣ-95 (Παραγρ. 17.5 και 5.1)

8.2.3 Η ελάχιστη επικάλυψη που απαιτείται για λόγους πυρασφάλειας, δίνεται από τον Κανονισμό Πυροπροστασίας των Κτιρίων, ανάλογα με τον απαιτούμενο δείκτη πυραντίστασης.

8.2.4 Απαιτήσεις για τους αποστατήρες

Η απαιτούμενη απόσταση των αποστατήρων εξαρτάται από τη διάμετρο των στηριζόμενων οπλισμών, τη δυσκαμψία του στηριζόμενου πλέγματος οπλισμού, το βάρος που απαιτείται να αναληφθεί κατά την κατασκευή και σκυροδέτηση καθώς και από την αντοχή και δυσκαμψία των ίδιων των αποστατήρων.

Πρέπει να προβλέπεται ένας ικανός αριθμός αποστατήρων και στηριγμάτων/υποθεμάτων για τη συγκράτηση του οπλισμού στη θέση του. Οι αποστατήρες σε μεγάλες οριζόντιες επιφάνειες πρέπει να έχουν ικανοποιητική αντοχή ώστε να φέρουν χωρίς σημαντική παραμόρφωση το βάρος του οπλισμού καθώς και την πρόσθετη καταπόνηση που εισάγεται κατά τη σκυροδέτηση από το βάρος των διερχόμενων τεχνιτών και του νωπού σκυροδέματος. Οι αποστατήρες σε μεγάλες οριζόντιες επιφάνειες πρέπει να είναι ικανοί να φέρουν τουλάχιστον το βάρος ενός ατόμου.

Μεταλλικοί αποστατήρες κάθε είδους, σε επαφή με την επιφάνεια του σκυροδέματος, δε συνιστώνται επειδή κινδυνεύουν οι ίδιοι από διάβρωση, ενδέχεται δε να προκαλέσουν γαλβανικά στοιχεία με τον κύριο οπλισμό.

Τα τμήματα των αποστατήρων που έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια του σκυροδέματος πρέπει να έχουν ανθεκτικότητα, σταθερότητα όγκου και να μη συμβάλλουν στη διάβρωση του οπλισμού.

Οι αποστατήρες από κονίαμα πρέπει να έχουν χαρακτηριστικά και εμφάνιση ανάλογα με εκείνα του περιβάλλοντος σκυροδέματος.

Οι αποστατήρες δεν πρέπει να αλλοιώνουν την τελική επιφάνεια του σκυροδέματος.

Οι αποστατήρες μεταξύ στρώσεων οπλισμού, για την εξασφάλιση της επιθυμητής απόστασης μεταξύ των παράλληλων στρώσεων, μπορεί να είναι και μεταλλικοί. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να είναι από την ίδια κατηγορία χάλυβα.

8.2.5 Προστασία αναμονών

Για την προστασία των αναμονών από διάβρωση, και αφού προηγηθεί καθαρισμός (π.χ. με συρματόβουρτσα), μπορεί να γίνει επικάλυψη των ράβδων (π.χ. με ασφαλτόμιγμα) ή και εγκιβωτισμός των ράβδων σε σκυρόδεμα, το οποίο μελλοντικά θα καθαιρεθεί.

Οι αναμονές ράβδων οπλισμού κάθε είδους πρέπει να παραμένουν ευθύγραμμες και να προστατεύονται από διάβρωση.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται όχι μόνο για τα ενδεχόμενα γυμνά μήκη ράβδων αλλά, κυρίως, και για τις θέσεις απ' όπου αναδύονται οι αναμονές.

Εάν απαιτηθεί, της σκυροδέτησης θα προηγείται καθαρισμός των ράβδων από σκουριές ή επιχρίσεις κάθε είδους με συρματόβουρτσα ή άλλα μέσα.

8.2.6 Επιδερμικός οπλισμός

Οταν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ειδικού λεπτού επιδερμικού οπλισμού θα εφαρμόζονται οι διατάξεις του ΝΕΚΩΣ-95 Παραγρ. 5.1 και 15.6.

Σημειώνεται ότι ο επιδερμικός οπλισμός δεν έχει την απαιτούμενη επικάλυψη και άρα είναι πιο ευάλωτος έναντι διάβρωσης ή και πυρκαγιάς με αποτέλεσμα μειωμένη διάρκεια ζωής ("θυσιαζόμενος οπλισμός"). Για το λόγο αυτό, και όταν δεν είναι δυνατή η αντικατάσταση του ενδεχομένως διαβρωθέντος επιδερμικού οπλισμού, συνιστάται να εξετάζονται και λύσεις που δε απαιτούν χρήση επιδερμικού οπλισμού ή λύσεις με χρήση επιδερμικού οπλισμού ανθεκτικού σε διάβρωση, υπό την προϋπόθεση ότι σε κάθε περίπτωση δεν θα υπάρχει ασυμβατότητα με τον κυρίως οπλισμό.

8.3 Ενώσεις

8.3.1 Ενώσεις με παράθεση

Η διάταξη των ενώσεων και το απαιτούμενο μήκος παράθεσης ορίζονται στην Παραγρ. 17.7.2 του ΝΕΚΩΣ-95.

Στις περιπτώσεις προσθηκών, ενδέχεται τα υπάρχοντα μήκη των αναμονών να μην είναι επαρκή και έτσι η ένωση με παράθεση να μην είναι εφικτή. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να εφαρμόζονται άλλου τύπου ενώσεις όπως π.χ. συγκόλληση του νέου οπλισμού στον παλαιό κατά παράθεση, σύνδεση με μηχανικά μέσα (μούφες κλπ).

8.3.2 Ενώσεις με συγκόλληση

Η διάταξη των ενώσεων με συγκόλληση ορίζεται στην Παραγρ. 17.7.4 του ΝΕΚΩΣ-95.

Οι ενώσεις με συγκόλληση καλό είναι να αποφεύγονται στις κρίσιμες περιοχές.

8.3.2.1 Δυνατότητα σύνδεσης με συγκόλληση

Για τις κατηγορίες των συγκολλήσιμων χαλύβων S400s και S500s η συγκολλησιμότητα θεωρείται αυταπόδεικτη, όταν η χημική σύσταση ικανοποιεί το κριτήριο της συγκολλησιμότητας, όπως δόθηκε στην Παραγρ. 3.5.1 αυτού του Κανονισμού.

Για τις κατηγορίες των συγκολλήσιμων υπό προϋποθέσεις χαλύβων S220, S400 και S500 είναι επιτρεπτή η συγκόλληση μόνο κατά παράθεση, με την προϋπόθεση ότι η συγκολλησιμότητα έχει προηγουμένως ελεγχθεί με δοκιμές εφελκυσμού και κάμψης, όπως περιγράφεται στην Παραγρ. 3.5.2 αυτού του Κανονισμού.

Οταν χρησιμοποιείται υποστήριγμα της συγκόλλησης που τήκεται, τότε πρέπει και αυτό να ικανοποιεί τις ίδιες προδιαγραφές χημικής σύστασης με το μέταλλο βάσης.

Το υποστήριγμα συγκόλλησης (backing material) χρησιμοποιείται για να παρεμποδίσει το κάψιμο της ρίζας (το στενότερο δηλ. σημείο της λοξοτομής στο οποίο γίνεται η έναρξη της συγκόλλησης) της συγκόλλησης και την εκροή τήγματος.

Βλ. και Σχόλιο Παραγρ. 8.3.1.

Όταν πρόκειται να συγκολληθούν παλαιές αναμονές με νέο οπλισμό, τότε τόσο ο νέος όσο και ο παλαιός οπλισμός πρέπει να ελεγχθούν ως προς τη συγκολλησιμότητά τους σύμφωνα με τα προηγούμενα. Ειδικότερα αν ο παλαιός οπλισμός είναι από άγνωστη ποιότητα ή κατηγορία που δεν ανήκουν αποδεδειγμένα στις συγκολλήσιμες πρέπει να ελεγχθεί είτε με βάση τη χημική του σύσταση (Παραγρ. 3.5.1), είτε με βάση τη μηχανική αντοχή σε εφελκυσμό και κάμψη (Παραγρ. 3.5.2). Αν δεν ικανοποιείται κανένα από τα δύο προηγούμενα κριτήρια ή αν είναι αδύνατη η δειγματοληψία για έλεγχο δεν επιτρέπεται να γίνει συγκόλληση και η σύνδεση πρέπει να γίνει με άλλα δόκιμα μέσα.

8.3.2.2 Μέθοδοι συγκόλλησης και τύποι σύνδεσης

Για τους συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις χάλυβες, κάθε άλλη μέθοδος συγκόλλησης και τύπος σύνδεσης θα οδηγούσε σε σύνδεση με σημαντικά μειωμένη αντοχή.

Οι συγκολλήσιμοι υπό προϋποθέσεις χάλυβες οπλισμού (Παραγρ. 3.5.2) πρέπει να συγκολλούνται μόνον κατά παράθεση και αποκλειστικά με χρήση ηλεκτροσυγκόλλησης, δηλ. είτε με χειρωνακτική συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια, είτε με ημιαυτόματη συγκόλληση τόξου με προστατευτική ατμόσφαιρα μιγμάτων διοξειδίου του άνθρακα και αργού CO_2-A (MAG). Η συγκόλληση κατά παράθεση εκτελείται σύμφωνα με την Παραγρ. 8.3.2.3 και το Σχ. 8.3.2.3-1.

Οι συγκολλήσιμοι χάλυβες (Παραγρ. 3.5.1.) μπορούν κατά περίπτωση να συγκολληθούν με (βλ. Πίνακα 8.3.2.2-1):

- Χειρωνακτική συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια
- Ημιαυτόματη συγκόλληση τόξου σε προστατευτική ατμόσφαιρα CO_2-A (MAG)
- Σημειακή συγκόλληση με ηλεκτρική αντίσταση
- Αυτογενή συγκόλληση.

Η αυτογενής συγκόλληση γίνεται κυρίως με δύο τεχνικές:

- Με συμπίεση και αέριο (pressure-gas welding), και
- Με σπινθηρισμούς (flash welding).

Απαγορεύεται η χρήση οξυγονοκόλλησης.

Στον Πίνακα 8.3.2.2 που ακολουθεί δίνεται η συμβατότητα των τύπων σύνδεσης με τις μεθόδους συγκόλλησης για τους συγκολλήσιμους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος.

Πίνακας 8.3.2.2-1 Πεδίο εφαρμογής των μεθόδων συγκόλλησης για συγκολλήσιμους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος

	1	2	3	4	5	6
	Μέθοδος συγκόλλησης	**Τύπος σύνδεσης**	**Περιοχή ονομαστικών διαμέτρων σε mm**			
			Φέρουσες συνδέσεις		**Μη φέρουσες συνδέσεις**	
			Απλές ράβδοι	Πλέγμα κάθε είδους	Απλές ράβδοι	Πλέγμα κάθε είδους
1	Ηλεκτροσυγκόλληση	Μετωπική	20-32	-	-	-
2	τόξου με επενδεδυμένα	Με λωρίδες	6-32	8(6)-12	-	-
3	ηλεκτρόδια (Ε) ή	Κατά παράθεση	6-32	8(6)-12	6-32	8(6)-12
4	Ημιαυτόματη σε ατμόσφαιρα CO_2–A	Σταυρωτή συγκόλληση	6-16	8(6)-12	6-32	8(6)-12
5	(Metal Active Gas - MAG)	Με άλλα στοιχεία	6-32	-	6-32	
6	Με συμπίεση και αέριο	Μετωπική	14-32	-	-	-
7	Με σπινθηρισμούς	Μετωπική	6-32	-	-	-
8	Σημειακή με ηλεκτρική αντίσταση	Κατά παράθεση	-	-	6-12	4-12
9	(resistance welding)	Σταυρωτή	6-16	4-12	6-32	4-12

Συμβολική αναπαράσταση των τύπων σύνδεσης

Φέρουσες συνδέσεις

Μετωπική

Κατά παράθεση

Με λωρίδες

Σταυρωτή

Μη φέρουσες συνδέσεις

Κατά παράθεση

Σταυρωτή

Παρατηρήσεις:

1. Από τις τεχνικές αυτές η σημειακή συγκόλληση με ηλεκτρική αντίσταση δε συνιστάται για το εργοτάξιο, παρά μόνο για το εργοστάσιο (ή άλλους κατάλληλους χώρους), διότι απαιτεί συνήθως σταθερό εξοπλισμό. Ολες οι άλλες τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στο εργοτάξιο.
2. Οι εντός παρενθέσεως τιμές αφορούν την ημιαυτόματη τεχνική ηλεκτροσυγκόλλησης με μίγμα CO_2–A.
3. Αν στην ίδια γραμμή του πίνακα αναφέρονται απλές ράβδοι και πλέγματα, τότε μπορούν να συγκολληθούν και μεταξύ τους.
4. Στην περίπτωση της τεχνικής με συμπίεση και αέριο μπορούν να συγκολληθούν μετωπικά ράβδοι με διαφορά διαμέτρου έως 3 mm.
5. Στην περίπτωση της τεχνικής με σπινθηρισμούς μπορούν να συγκολληθούν μόνο ράβδοι με την ίδια διάμετρο. Στην περίπτωση σταυρωτής συγκόλλησης, είτε με ηλεκτροσυγκόλληση, είτε με αντίσταση, ο λόγος της μικρότερης προς τη μεγαλύτερη διάμετρο δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 0,57 στην περίπτωση φερουσών συνδέσεων και από 0,28 στην περίπτωση μη φερουσών συνδέσεων.
6. Για τις μεθόδους συγκόλλησης 6, 7, 8 και 9 λεπτομέρειες δίνονται στο Παράρτημα Π4.

8.3.2.3 Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου

Χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές:

- Η χειρωνακτική ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια, και
- Η ημιαυτόματη συγκόλληση τόξου με κουλούρα σύρματος (συνεχές ηλεκτρόδιο) και προστατευτικό μίγμα αερίου CO_2-A (MAG).

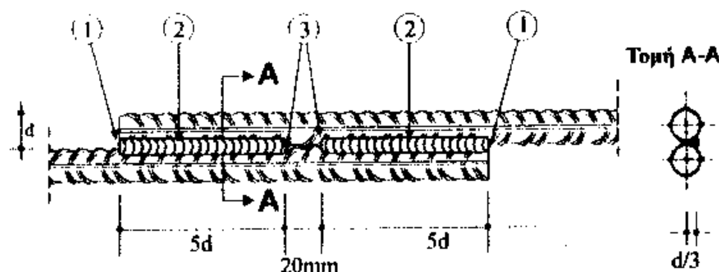
Για τους συγκολλήσιμους χάλυβες εφαρμόζονται οι εξής τύποι σύνδεσης:

- Κατά παράθεση
- Ακρο με άκρο (μετωπικά)
- Σταυρωτά
- Με λωρίδες
- Με άλλα δομικά στοιχεία.

Παρακάτω δίνονται λεπτομέρειες για κάθε τύπο σύνδεσης.

Στην κατά παράθεση σύνδεση οι ράβδοι τίθενται σε επαφή όσο επιτρέπουν οι νευρώσεις. Η ραφή γίνεται χωρίς διακοπή και μπορεί να γίνει σε ένα πέρασμα. Στην περίπτωση κατακόρυφων ράβδων η ηλεκτροσυγκόλληση και των δύο ραφών γίνεται από κάτω προς τα πάνω.

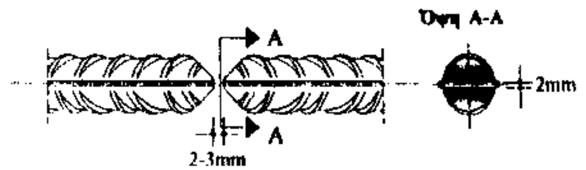
- **Σύνδεση κατά παράθεση.** Γίνεται αυστηρά από τη μία πλευρά με δύο ραφές συγκόλλησης μήκους 5d (όπου d είναι η ονομαστική διάμετρος των ράβδων) , όπως φαίνεται στο Σχ. 8.3.2.3-1. Οι ραφές της συγκόλλησης ξεκινούν από έξω (σημεία -1- του Σχήματος) και προχωρούν προς τα μέσα (σημεία -2- του Σχήματος) κατά τέτοιο τρόπο ώστε να απομένει ανάμεσα στις απολήξεις (σημεία -3- του Σχήματος) ένα διάκενο 20 mm περίπου.



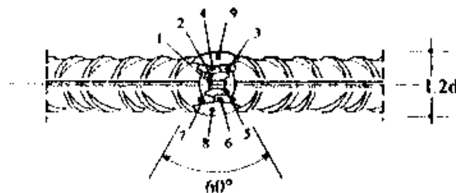
Σχήμα 8.3.2.3-1 Συγκόλληση κατά παράθεση

- **Σύνδεση άκρο με άκρο (μετωπική).** Εφαρμόζεται στους συγκολλήσιμους χάλυβες με διάμετρο 20mm και άνω, και εκτελείται μετά από διαμόρφωση των άκρων, όπως φαίνεται στο Σχ. 8.3.2.3-2 (α). Τα κορδόνια (ραφές συγκόλλησης) εφαρμόζονται με τη σειρά που σημειώνεται στο ίδιο Σχ. 8.3.2.3-2 (β).

Στο σημείο συγκόλλησης η διάμετρος της ράβδου μπορεί να αυξηθεί κατά τη συγκόλληση μέχρι 1,2d όπου d η ονομαστική διάμετρος των ράβδων.



α) προετοιμασία επιφανειών μετώπου



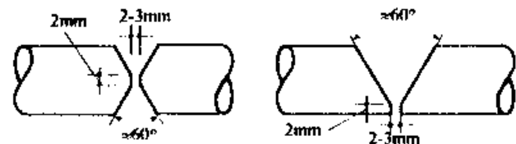
β) διαδοχική εκτέλεση ραφών

Σχήμα 8.3.2.3-2 Συγκόλληση άκρο με άκρο (μετωπική)

Το πρότυπο ΕΛΟΤ 971 προβλέπει μόνο τη λοξοτομή του Σχ. 8.3.2.3-2. Ωστόσο και οι άλλοι τύποι λοξοτομών του Σχ. 8.3.2.3-3 είναι χρήσιμοι, αναλόγως:

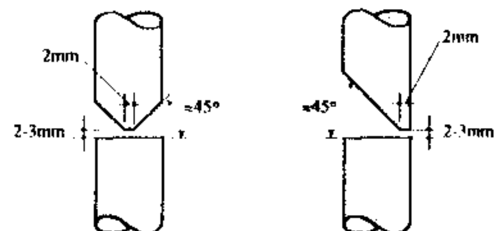
- Της διαμέτρου της ράβδου
- Της πρόσβασης για μετωπική συγκόλληση στον οπλισμό από τη μία ή και από τις δύο πλευρές
- Της κατεύθυνσης των ράβδων (οριζόντιας ή κατακόρυφης).

Οι διάφοροι επιτρεπτοί τύποι προετοιμασίας των άκρων (λοξοτομές) για τη μετωπική σύνδεση δίνονται στο Σχ.8.3.2.3 -3.



Διπλό V
Πρόσβαση και από τις δύο πλευρές

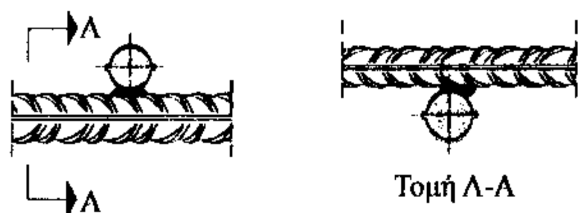
Απλό V
Πρόσβαση από τη μία πλευρά



Για σύνδεση ράβδων σε κατακόρυφη θέση

Σχήμα 8.3.2.3-3 Διάφοροι τύποι προετοιμασίας των άκρων για τις μετωπικές συγκολλήσεις

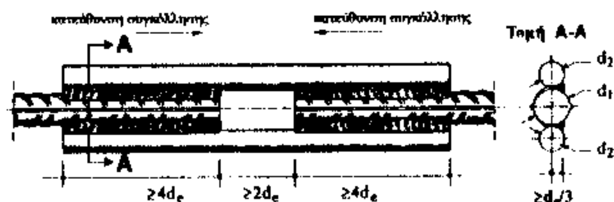
- **Σύνδεση σταυρωτά.** Εκτελείται χωρίς καμμία προετοιμασία των ράβδων (βλ. Σχ.8.3.2.3-4).



Σχήμα 8.3.2.3-4 Συγκόλληση σταυρωτή με ράβδους ίδιας ή διαφορετικής διαμέτρου

Συνδέσεις με λωρίδες. Οι λωρίδες σύνδεσης είναι από συγκολλήσιμη ράβδο χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος ή από άλλο συγκολλήσιμο χάλυβα. Οι ράβδοι τίθενται σε επαφή μεταξύ τους (βλ. Σχ.8.3.2.3-5). Η ραφή γίνεται χωρίς διακοπή και μπορεί να γίνει σε ένα πέρασμα (πάσσο). Οι συγκολλήσεις γίνονται μόνο από τη μία πλευρά.

Η συνολική διατομή των δύο λωρίδων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση προς τη διατομή των ράβδων που συνδέονται, εφόσον οι ράβδοι και οι λωρίδες είναι από το ίδιο υλικό (με την ίδια μηχανική αντοχή). Διαφορετικά η συνολική διατομή των λωρίδων θα πρέπει να προσαρμοσθεί σε σχέση προς αυτή των ράβδων, με βάση το λόγο των ονομαστικών ορίων διαρροής των δύο υλικών ώστε να έχουν την ίδια φέρουσα ικανότητα.



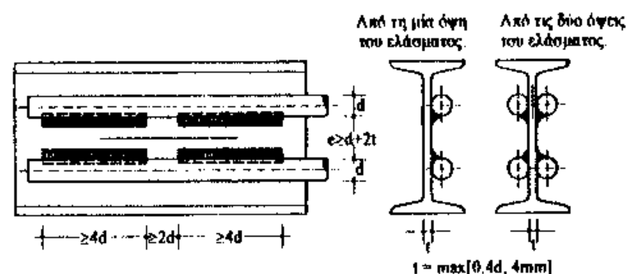
Η σημειούμενη κατεύθυνση συγκόλλησης αφορά οριζόντιες ράβδους. Αν οι ράβδοι είναι κατακόρυφες, η συγκόλληση γίνεται από κάτω προς τα πάνω.

Ως διάμετρος d_e λαμβάνεται η μικρότερη από τις ράβδους d_1 και d_2.

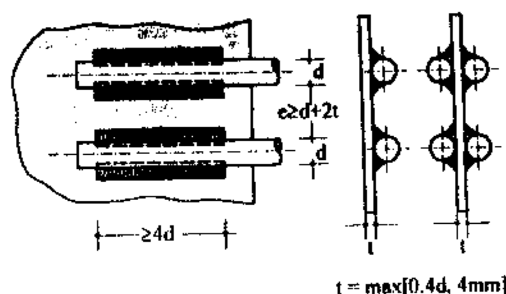
Σχήμα 8.3.2.3-5 Σύνδεση με λωρίδες

- **Συνδέσεις ράβδων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με άλλα δομικά στοιχεία από χάλυβα.** Οι συνδέσεις αυτές γίνονται με δύο τρόπους:

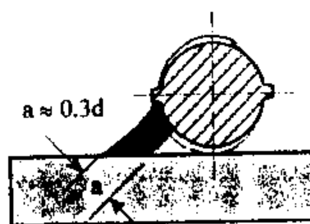
α) **Με πλευρική επικάλυψη της ράβδου επί του ελάσματος, από τη μία ή και από τις δύο όψεις.** Τυπικές μορφές συγκόλλησης δίνονται στα Σχ. 8.3.2.3-6 και 8.3.2.3-7 με κορδόνι είτε από τη μία μόνο πλευρά της ράβδου, είτε και από τις δύο. Το πάχος του κορδονιού συγκόλλησης πρέπει να είναι περίπου ίσο με 0,3d, (βλ. Σχ. 8.3.2.3-8).



Σχήμα 8.3.2.3-6 Συνδέσεις με πλευρική επικάλυψη από τη μια ή και από τις δύο όψεις του ελάσματος με κορδόνι συγκόλλησης μόνον από τη μια πλευρά των ράβδων



Σχήμα 8.3.2.3-7 Συνδέσεις με πλευρική επικάλυψη από τη μια ή και από τις δύο όψεις του ελάσματος με κορδόνι συγκόλλησης και από τις δύο πλευρές των ράβδων



Σχήμα 8.3.2.3-8 Πάχος κορδονιού συγκόλλησης για τις συνδέσεις των Σχ. 8.3.2.3-6 και 8.3.2.3-7

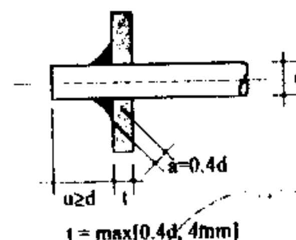
Οι λεπτομέρειες αναφέρονται στο πάχος του στοιχείου σε σχέση με το πάχος της ράβδου, το μήκος των συγκολλήσεων και την απόστασή τους. Η τελευταία πρέπει να είναι αρκετή, ώστε κατά την εκτέλεση της συγκόλλησης να εξασφαλίζεται πρόσβαση στη ρίζα της.

β) Με συγκόλληση κατά την ακμή του ελάσματος (γωνιακή).

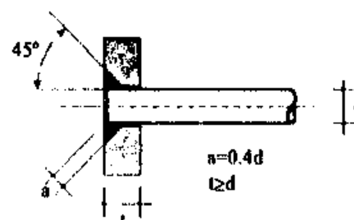
Τυπικές μορφές δίνονται στα Σχ.8.3.2.3-9, -10 και -11. Οι διαστάσεις αναφέρονται σε σχέση με το πάχος των στοιχείων που συνδέονται.

Επιτρέπεται δύο ή περισσότερες ράβδοι να συγκολληθούν επί του ίδιου δομικού στοιχείου. Τότε η απόστασή τους δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2d, ώστε κατά την εκτέλεση της συγκόλλησης να είναι δυνατή η πρόσβαση στη ρίζα της.

Στην περίπτωση των συνδέσεων των Σχ. 8.3.2.3 -9 και -10, οι οπές πρέπει να έχουν τόση διάμετρο ώστε να επιτρέπουν την είσοδο της ράβδου, χωρίς όμως να αφήνουν μεγάλο διάκενο μεταξύ ελάσματος και ράβδου.

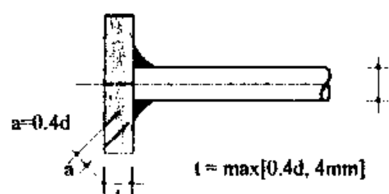


Σχήμα 8.3.2.3-9 Ράβδος διερχόμενη από έλασμα



Σχήμα 8.3.2.3-10 Ράβδος παρεμβαλλόμενη σε έλασμα

Για την περίπτωση του Σχ.8.3.2.3-11, όπου η ράβδος συγκολλιέται μετωπικά επί του ελάσματος, το άκρο της ράβδου πρέπει να κοπεί με ακρίβεια κάθετα ως προς τον άξονά της. Κατά τη συγκόλληση πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η διατομή της ράβδου στηρίζεται και πιέζεται πάνω στην πλάκα (χωρίς διάκενο).



Σχήμα 8.3.2.3-11 Μετωπική συγκόλληση ράβδου σε έλασμα

8.3.2.4 Συγκόλληση με σπινθηρισμούς

Εφαρμόζεται σύμφωνα με τον Πίνακα 8.3.2.2-1.

Στο Παράρτημα Π4 δίνονται λεπτομέρειες για τη συγκόλληση με σπινθηρισμούς. Η μέθοδος αυτή δε συνιστάται στα συνήθη εργοτάξια.

8.3.2.5 Συγκόλληση με συμπίεση (σύνθλιψη) και αέριο

Εφαρμόζεται σύμφωνα με τον Πίνακα 8.3.2.2-1.

Στο Παράρτημα Π4 δίνονται λεπτομέρειες για τη συγκόλληση με συμπίεση (σύνθλιψη) και αέριο. Η μέθοδος αυτή δε συνιστάται στα συνήθη εργοτάξια.

8.3.2.6 Σημειακή συγκόλληση με αντίσταση

Εφαρμόζεται σύμφωνα με τον Πίνακα 8.3.2.2-1.

Στο Παράρτημα Π4 δίνονται λεπτομέρειες για τη συγκόλληση με αντίσταση. Η μέθοδος αυτή δε συνιστάται στα συνήθη εργοτάξια.

8.3.2.7 Γενικές επισημάνσεις

- **Αντίξοες καιρικές συνθήκες**

Η συγκόλληση δε θα γίνεται όταν βρέχει ή χιονίζει ή όταν φυσάει ισχυρός άνεμος, εκτός αν λαμβάνονται ειδικές προφυλάξεις (σκεπάσματα ή πετάσματα).

Συνιστάται να αποφεύγεται η συγκόλληση όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα χαμηλή.

Οι επιφάνειες που συγκολλούνται πρέπει να είναι καθαρές και στεγνές και όταν παρατηρείται συμπύκνωση υδρατμών στην επιφάνειά τους, πρέπει να προηγείται ελαφρά θέρμανση για την απομάκρυνση της συμπύκνωσης.

Η θερμοκρασία μπορεί να εκτιμηθεί και με χρήση θερμοευαίσθητων χρωματοδεικτών του εμπορίου, που εφαρμόζονται στην επιφάνεια των ράβδων και έχουν μορφή κιμωλίας.

Η περίπτωση αφορά:

- Κοινά ηλεκτρόδια (π.χ. ρουτιλίου)
- Κοίλα ηλεκτρόδια στη μέθοδο MAG

Η διάμετρος των ηλεκτροδίων, ανάλογα με τη διάμετρο των ράβδων οπλισμού να είναι αυτή του Πίνακα 3.5.2.1-1.

- **Ανύψωση θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης**

Για την αποφυγή υπερβολικής θέρμανσης στη διάρκεια της συγκόλλησης, η οποία θα μπορούσε να μειώσει τις μηχανικές ιδιότητες ή να προκαλέσει άλλες συνέπειες (π.χ. πακτώσεις με πλαστικά υλικά), η θερμοκρασία της ράβδου δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 350°C σε μία απόσταση 25mm από τη θέση συγκόλλησης σε οποιαδήποτε διεύθυνση.

- **Ρυθμός απόψυξης της συγκόλλησης**

Η συγκόλληση αφήνεται να ψυχθεί ήρεμα και αργά. Απαγορεύεται η επιτάχυνση της απόψυξης με χρήση νερού ή άλλων μέσων.

- **Ανεξέλεγκτα (τυχαία) τόξα**

Τυχαία τόξα που δημιουργούνται κατά ανεξέλεγκτο τρόπο σε άλλα σημεία εκτός της συγκόλλησης πρέπει να αποφεύγονται. Τοπικές κηλίδες, ρωγμές ή άλλα ελαττώματα που προκύπτουν από τυχαία τόξα πρέπει να απομακρύνονται με μηχανικό τρόπο (τρόχισμα, κοπίδι), ώστε το υλικό να παραμένει υγιές.

- **Καθαρισμός της σκουριάς**

Όταν η τεχνική της συγκόλλησης χρησιμοποιεί σκουριά για την προστασία του μετάλλου, αυτή η σκουριά πρέπει να απομακρύνεται από κάθε κορδόνι πριν εφαρμοσθεί το επόμενο, καθώς και από το τελευταίο κορδόνι. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην επαφή μεταξύ του μετάλλου συγκόλλησης και των παρειών της λοξοτομής του προς συγκόλληση μετάλλου.

- **Σημειακές συγκολλήσεις (πόντες)**

Απαγορεύονται οι σημειακές συγκολλήσεις σε φέροντα οπλισμό.

Οι σημειακές συγκολλήσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται μόνο με σκοπό τη συγκράτηση του οπλισμού στη θέση του κατά την τοποθέτηση και τη διαμόρφωση -και δεν προορίζονται να είναι φέρουσες- πρέπει να περιορίζονται στις απολύτως αναγκαίες.

Όταν γίνονται υπό μορφή συνδέσεων κατά παράθεση πρέπει να έχουν πάχος όχι μικρότερο των 4 mm και μήκος όχι μικρότερο των 25 mm.

Στις σημειακές συγκολλήσεις για σταυρωτές συγκολλήσεις που σκοπό έχουν να συγκρατήσουν στη θέση τους τις ράβδους οπλισμού πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον το 1/3 της διαμέτρου της μικρότερης ράβδου ή 6mm όποιο είναι μεγαλύτερο.

- **Ελαττωματικές συνδέσεις**

Όταν οι συνδέσεις δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του Κανονισμού, το ελαττωματικό υλικό απομακρύνεται με μηχανικά μέσα και γίνεται νέα υγιής συγκόλληση.

- **Αναλώσιμα (Ηλεκτρόδια – Προστατευτικά Αέρια)**

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται κατά τη χειρωνακτική ηλεκτροσυγκόλληση τόξου, ανεξάρτητα από το αν πρόκειται για συγκόλληση με επικάλυψη ή μετωπική, πρέπει να είναι με βασική επένδυση ή με όξινη επένδυση ρουτιλίου που τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους είναι ανάλογα με εκείνα του βασικού μετάλλου.

Για τη χειρωνακτική ηλεκτροσυγκόλληση τόξου συνιστάται η χρήση ηλεκτροδίων ρουτιλίου, ιδιαίτερα όταν η συγκόλληση γίνεται επί τόπου στην οικοδομή ή σε ανοικτούς χώρους. Στην περίπτωση αυτή η συγκόλληση μπορεί να γίνει χωρίς ιδιαίτερες προφυλάξεις ακόμη και με υγρό καιρό. Με την έννοια της απλότητας στη συγκόλληση χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος είναι σύμφωνο και το Γαλλικό Πρότυπο A 35-018/1978 που συνιστά για τούτο τη χρήση αποκλειστικά ηλεκτροδίων ρουτιλίου, χωρίς προθέρμανση ή μεταθέρμανση.

Όταν χρησιμοποιούνται βασικά ηλεκτρόδια πρέπει να ξηραίνονται αμέσως πριν από τη χρήση τους σε ειδικά φορητά ξηραντήρια και η συγκόλληση να εκτελείται από εξειδικευμένους στη χρήση βασικών ηλεκτροδίων συγκολλητές.

Κατά την ημιαυτόματη συγκόλληση με προστατευτικό αέριο, το μίγμα μπορεί να είναι είτε CO_2 είτε μίγμα CO_2-A. Το ηλεκτρόδιο - σύρμα πρέπει να είναι σύμφωνο με τους Κανονισμούς γι' αυτό το είδος συγκολλήσεων.

8.3.3 Ενώσεις με μηχανικά μέσα

Τα μέσα σύνδεσης και οι αντίστοιχες απαιτήσεις ορίζονται στην Παραγρ. 17.7.3 του ΝΕΚΩΣ-95.

8.4 Αγκυρώσεις

Οι τύποι και οι απαιτήσεις των αγκυρώσεων αναφέρονται στην Παραγρ. 17.6 του ΝΕΚΩΣ-95.

8.5 Ελεγχος και παραλαβή τοποθετημένου οπλισμού

Ο Επιβλέπων Μηχανικός υποχρεούται να ελέγχει πριν από τη σκυροδέτηση την τήρηση των διατάξεων του Κανονισμού αυτού.

Στο Παράρτημα Π5 δίνεται ένας βοηθητικός κατάλογος ελέγχου (check list) για τον Επιβλέποντα Μηχανικό.

8.6 Ασφάλεια και Υγιεινή των εργαζομένων

Κατά τη διάρκεια εργασιών όπλισης (διαμόρφωσης και τοποθέτησης) θα τηρούνται οι ισχύουσες διατάξεις για την Ασφάλεια και την Υγιεινή των εργαζομένων.

Ενδεικτικά αναφέρονται κίνδυνοι από πτώση, από ηλεκτρικό ρεύμα, από λειτουργία γερανών ή άλλων ανυψωτικών μέσων, από καύσωνα – θερμοπληξία κλπ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 (Πληροφοριακό) : ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΧΑΛΥΒΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1 Σήμανση και αναγνώριση χαλύβων.

Μέχρι το 1969 που εκδόθηκε το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EU 80-69 ήταν σε ισχύ στη χώρα μας οι διατάξεις του Κανονισμού του 1954 "Για την Μελέτην και Εκτέλεσιν Οικοδομικών Έργων εξ Ωπλισμένου Σκυροδέματος", που δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 160Α, 1954. Με βάση αυτές τις κανονιστικές διατάξεις ήταν δυνατή η παραγωγή και χρήση λείων ράβδων κατηγορίας St I, λείων ή με νευρώσεις κατηγορίας St IIIα και St IVα και μόνο με νευρώσεις κατηγοριών St IIIβ και St IVβ (Πίνακας 1). Στις διατάξεις του Κανονισμού του 1954 δεν υπήρχε πρόβλεψη για διάκριση των διαφορετικών κατηγοριών χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος (Χ.Ο.Σ.) με νευρώσεις με βάση τη διάταξη των νευρώσεων, και όπως προαναφέρθηκε ήταν δυνατή και η παραγωγή και χρήση διαφορετικών κατηγοριών λείων χαλύβων.

Με την εμφάνιση του Προτύπου EU 80-69 για πρώτη φορά παρουσιάζεται και καθιερώνεται ο τρόπος σήμανσης και αναγνώρισης των διαφορετικών κατηγοριών Χ.Ο.Σ., της χώρας και της μονάδας παραγωγής τους. Με την ύπαρξη ενισχυμένων νευρώσεων με διαφορετική διάταξη, όπως φαίνεται στα Σχ.1 και 2, γίνεται η διάκριση των διαφορετικών κατηγοριών και ταυτόχρονα υποδηλώνεται και η έναρξη αναγνώρισης της χώρας και της μονάδας παραγωγής.

Η αναγνώριση της ταυτότητάς τους γίνεται μέσω ενός συστήματος κανονικών πλάγιων νευρώσεων ανάμεσα σε ενισχυμένες πλάγιες νευρώσεις που συμβολίζουν δύο αριθμούς επαναλαμβανόμενους κάθε 1,0m περίπου, στη μία σειρά των παράλληλων νευρώσεων της ράβδου. Ο πρώτος αριθμός μεταξύ 1 και 4 δήλωνε τη χώρα παραγωγής, ενώ ο δεύτερος αριθμός, δήλωνε τη μονάδα παραγωγής. Στον Πίνακα 2 αναφέρεται ο αριθμός των νευρώσεων που συμβολίζει τη χώρα παραγωγής, με βάση το EU 80-69. Με τα τρία λοιπών διαφορετικά πεδία νευρώσεων ανάμεσα σε ενισχυμένες (πεδία A, B, C) υπήρχε η διάκριση κατηγορίας και η έναρξη της σήμανσης από το πεδίο A, η αναγνώριση της χώρας παραγωγής από το πεδίο B και η αναγνώριση του παραγωγού από το πεδίο C. Σημειώνεται ότι το εν λόγω Πρότυπο αναφερόταν σε χάλυβες συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις και δεν είχε κανένα περιορισμό στη χημική σύσταση του προϊόντος. Παρόμοιο τρόπο σήμανσης της μονάδας και της χώρας παραγωγής καθόριζε και το πρότυπο DIN 488/72.

Το 1985 εκδίδεται το Πρότυπο EU 80-85, το οποίο αντικαθιστά το EU 80-69. Το νέο Πρότυπο αναφέρεται μόνο σε συγκολλήσιμους χάλυβες, κατηγορίας FeB400 και FeB500. Οι δύο αυτές κατηγορίες χαλύβων αναγνωρίζονται από το διαφορετικό τρόπο διάταξης των νευρώσεων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3. Έτσι καθιερώνεται πλέον ο τρόπος διάκρισης της κατηγορίας να γίνεται από τη διαφορετική διάταξη των νευρώσεων και όχι από το πεδίο A, το οποίο δηλώνει την έναρξη της σήμανσης και για τις δύο κατηγορίες. Στη νέα αυτή έκδοση του EU 80-85 αναφέρεται πλέον και ο κωδικός αριθμός 8 για την Ελλάδα μαζί με την Τουρκία (βλέπε Πίνακα 3).

Λίγους μήνες πριν είχε αναθεωρηθεί και το DIN 488/84 το οποίο επίσης αναφέρεται σε συγκολλήσιμους χάλυβες κατηγορίας BSt 420s και BSt 500s με παρόμοιο τρόπο διάκρισης των δύο κατηγοριών (βλέπε Σχ. 4).

Λίγο αργότερα, το 1987, παρουσιάζονται πλέον και τα δύο Ελληνικά πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971 εκ των οποίων το μεν πρώτο ταυτίζεται με το EU 80-69 ως προς τις κατηγορίες των χαλύβων (S220, S400, S500) και αναφέρεται σε Χ.Ο.Σ. συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις, το δε δεύτερο με το EU 80-85 που αναφέρεται στις κατηγορίες συγκολλήσιμων Χ.Ο.Σ. S400s και S500s.

Δυστυχώς, και στα δύο Ελληνικά Πρότυπα, ενώ γίνεται αναφορά στην υποχρέωση του παραγωγού για διαφορετικό τρόπο σήμανσης των κατηγοριών Χ.Ο.Σ. δεν καθορίζεται ο τρόπος αυτός με αποτέλεσμα μέχρι σήμερα να επικρατεί χάος ως προς τον τρόπο διάκρισης των διάφορων κατηγοριών χαλύβων, παρ'όλο που οι Έλληνες παραγωγοί χαλύβων ακολουθούν πιστά τη σήμανση της χώρας και της μονάδας παραγωγής. Ως εκ τούτου η διάκριση των διάφορων κατηγοριών χαλύβων είναι ασαφής.

2 Η χρήση των Χ.Ο.Σ. στη χώρα μας

Μέχρι την αρχή της δεκαετίας του 1960 η κατηγορία χάλυβα που χρησιμοποιούνταν στη χώρα μας ήταν ο χάλυβας St I κατά DIN 488 ή S220 κατά ΕΛΟΤ 959, δηλ. λείες ράβδοι , προϊόν θερμής έλασης από χάλυβα, συγκολλήσιμο υπό προϋποθέσεις, η τυπική χημική σύνθεση του οποίου φαίνεται στον Πίνακα 4. Ο χάλυβας αυτός ελάχιστα χρησιμοποιείται σήμερα.

Από τη δεκαετία του 60 και μετά εμφανίζεται ο χάλυβας St III (κατά DIN 488) που από το 1987 μέχρι σήμερα διατίθεται με την ονομασία S400 (κατά ΕΛΟΤ 959). Πρόκειται για ράβδους με νευρώσεις, από χάλυβα συγκολλήσιμο υπό

χροϋποθέσεις, που οφείλει την αντοχή του στη χημική του σύνθεση και είναι προϊόν θερμής έλασης. Η τυπική χημική του σύνθεση φαίνεται στον Πίνακα 4 και χρησιμοποιείται και αυτός ελάχιστα σήμερα. Στη χώρα μας χρησιμοποιήθηκε με τρεις διαφορετικές σημάνσεις, αυτές του Σχήματος 5.

Την ίδια περίοδο, τις δεκαετίες '60 και '70, εμφανίζεται και ο ελικοχάλυβας, που ήταν προϊόν ψυχρής κατεργασίας. Η ψυχρή κατεργασία ήταν η στρέψη του προϊόντος που προερχόταν από θερμή έλαση και είχε τη χημική σύνθεση του χάλυβα St I. Μετά τη στρέψη αποκτούσε την αντοχή του χάλυβα St III. Η μορφή των ράβδων του χάλυβα αυτού είναι αυτή του Σχήματος 6, ενώ η τυπική χημική του σύνθεση φαίνεται στον Πίνακα 4.

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 εμφανίζονται στη χώρα μας οι νευροχάλυβες St IV (κατά DIN 488) ή S500s και S500 (κατά ΕΛΟΤ 971 και 959 αντίστοιχα). Πρόκειται για χάλυβες υψηλής αντοχής, συγκολλήσιμους (S500s) ή συγκολλήσιμους υπό προϋποθέσεις (S500).

Κατά την ίδια περίοδο εμφανίστηκε ο χάλυβας κατηγορίας S400s (κατά ΕΛΟΤ 971), ο οποίος είναι συγκολλήσιμος με μηχανικά χαρακτηριστικά όμοια του St III αλλά χρησιμοποιήθηκε ελάχιστα.

Η κατηγορία χάλυβα S500 χρησιμοποιήθηκε στη χώρα μας και χρησιμοποιείται και σήμερα με δύο διαφορετικές μορφές νευρώσεων, αυτές του Σχήματος 7. Στον Πίνακα 4 αναφέρεται η τυπική χημική σύνθεσή του.

Οι χάλυβες κατηγορίας S500 είναι προϊόντα θερμής έλασης χωρίς καμία παραπέρα θερμική ή ψυχρή κατεργασία και οφείλουν την αντοχή τους στη χημική τους σύνθεση. Χάλυβες S500, προϊόντα ψυχρής κατεργασίας, χρησιμοποιούνται μόνο στα πλέγματα.

Σε αντίθεση με τους παραπάνω χάλυβες, οι χάλυβες κατηγορίας S400s και S500s που χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται σήμερα στη χώρα μας είναι συγκολλήσιμοι και προϊόντα θερμής έλασης χωρίς καμία παραπέρα κατεργασία ή προϊόντα θερμής έλασης που ακολουθείται από μια άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας. Στη μεν πρώτη περίπτωση η υψηλή αντοχή επιτυγχάνεται με προσθήκη νιοβίου (Nb), βαναδίου (V) ή τιτανίου (Ti), ενώ στη δεύτερη περίπτωση με μια επιφανειακή μαρτενσιτική βαφή του χάλυβα.

Στο Σχήμα 8 φαίνεται η μορφή των νευρώσεων του χάλυβα κατηγορίας S400s που χρησιμοποιήθηκε στη χώρα μας και ελάχιστα χρησιμοποιείται σήμερα, ενώ στο Σχήμα 9 φαίνονται οι δύο διαφορετικές μορφές νευρώσεων με τις οποίες σημαίνεται ο χάλυβας S500s που χρησιμοποιείται και έχει επικρατήσει σε μεγάλο βαθμό στη χώρα μας σήμερα. Η μεν πρώτη σήμανση συμφωνεί με τα πρότυπα DIN 488 και EU 80-85, ενώ η δεύτερη με το νέο Ευρωπαϊκό πρότυπο ENV 10080. Η τυπική χημική σύνθεση της κατηγορίας αυτής φαίνεται στον Πίνακα 4.

3 Συμπέρασμα

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω είναι αδύνατη τις περισσότερες φορές η σαφής διάκριση της κατηγορίας ενός Χ.Ο.Σ. Ως εκ τούτου οι αξιόπιστες πληροφορίες για τη χρονολογία κατασκευής ενός έργου είναι απαραίτητο βοήθημα. Για πιο σίγουρο τρόπο αναγνώρισης της κατηγορίας ενός χάλυβα προτείνεται η χημική ανάλυση ενός μικρού τεμαχίου (π.χ. περίπου 25mm), ανάλυση που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε εργαστήριο, και η μακροσκοπική εξέταση του ίδιου δοκιμίου προκειμένου να διαπιστωθεί εάν είναι προϊόν θερμικής κατεργασίας ή όχι.

Τέλος, για τη διάκριση της χώρας και της μονάδας παραγωγής ενός Χ.Ο.Σ., στον Πίνακα 5 αναφέρονται οι κωδικοί σήμανσης των Ελληνικών βιομηχανιών, καθώς επίσης και οι σημάνσεις βιομηχανιών του εξωτερικού που προϊόντα τους έχουν εισαχθεί στη χώρα μας.

Βιβλιογραφία

- Ευρωπαϊκά πρότυπα EU 80-69 και EU 80-85
- Ελληνικά πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971
- Γερμανικά πρότυπα DIN 488/72 και DIN 488/84
- Αρχείο ΚΕΔΕ - ΥΠΕΧΩΔΕ

Πίνακας 1 Κατηγορίες ΧΟΣ σύμφωνα με διατάξεις του ΦΕΚ 160Α - 1954

Κατηγορία	Μορφή επιφάνειας	Τρόπος παραγωγής	min f_y (MPa)	min f_t (MPa)	ε_{10} %
I	Λ	Θ.Ε.-Χ.	220	340-500	18
IIIα	Λ ή Ν	Θ.Ε. -Χ.	420 ή 400[1]	500	18
IIIβ	Ν	Ψ.Κ.	420 ή 400[1]	500	8
IVα	Λ ή Ν	Θ.Ε. -Χ.	500	-	16
IVβ	Ν	Ψ.Κ.	500	-	8

Σημ. : Λ = Λείες ράβδοι, Ν = Ράβδοι με νευρώσεις, Θ.Ε-Χ. = Θερμή έλαση,
Ψ.Κ.(Ψ.Κ.-Ο. ή Ψ.Κ.-Σ.) = Ψυχρή κατεργασία.
[1] f_y min 420 MPa για d έως 18 mm και 400 MPa για d > 18 mm.

Πίνακας 2 Ταυτοποίηση χώρας παραγωγής σύμφωνα με EU 80-69.

ΧΩΡΑ	Αριθμός κανονικών νευρώσεων μεταξύ αρχής και επόμενης ενισχυμένης νεύρωσης
Γερμανία	1
Βέλγιο, Λουξεμβούργο, Ολλανδία.	2
Γαλλία	3
Ιταλία	4

Πίνακας 3 Ταυτοποίηση χώρας παραγωγής σύμφωνα με EU 80-85.

ΧΩΡΑ	Αριθμός κανονικών νευρώσεων μεταξύ αρχής και επόμενης ενισχυμένης νεύρωσης
Γερμανία	1
Βέλγιο, Λουξεμβούργο, Ολλανδία.	2
Γαλλία	3
Ιταλία	4
Η.Β., Ιρλανδία	5
Δανία, Φινλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	6
Πορτογαλία, Ισπανία	7
Ελλάδα, (Τουρκία)	8

Πίνακας 4 Τυπικές χημικές συνθέσεις, τρόποι παραγωγής και περίοδοι χρήσης διάφορων κατηγοριών Χ.Ο.Σ.

Κατηγορία χάλυβα	Τυπική χημική σύνθεση				Τρόπος παραγωγής	Περίοδος χρήσης (Δεκαετίες)
	C%	Mn%	Si%	V%		
St I ή S 220	0,08-0,12	≈0,50	≈0,10	-	Θ.Ε.-Χ.	έως '60
St III ή S 400	0,30-0,40	0,80-1,00	0,20-0,30	-	Θ.Ε.-Χ.	'60 έως '90
St III ή S 400s	≈0,15	0,60-1,00	0,15-0,30	-	Θ.Ε.-Θ.	αρχές '90
St III ελικ/βας	0,10-0,15	≈0,50	≈0,10	-	Θ.Ε. & Ψ.Κ.	'60 & '70
St IV ή S 500	0,35-0,40	1,00-1,20	0,20-0,30	0,02-0,03	Θ.Ε.-Χ.	αρχές '90
St IV ή S 500	0,40-0,45	≈1,20	0,20-0,30	-	Θ.Ε.-Χ.	αρχές '90
St IV ή S 500s	0,18-0,20	1,00-1,20	0,20-0,30	0,04-0,09	Θ.Ε.-Χ.	αρχές '90
St IV ή S 500s	0,15-0,20	0,60-1,00	0,15-0,30	-	Θ.Ε.-Θ.	αρχές '90

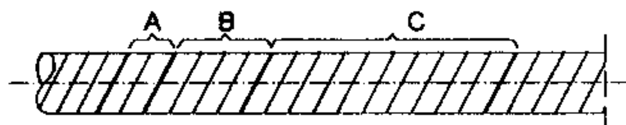
Σημ.: Θ.Ε.-Χ. Θερμή έλαση
Θ.Ε.-Θ. Θερμή έλαση με εν σειρά θερμική κατεργασία
Ψ.Κ. (Ψ.Κ.-Ο. ή Ψ.Κ.-Σ.) Ψυχρή κατεργασία (με ολκή ή με στρέψη)

Πίνακας 5 Κωδικοί αριθμοί σήμανσης Ελληνικών και ξένων βιομηχανιών.

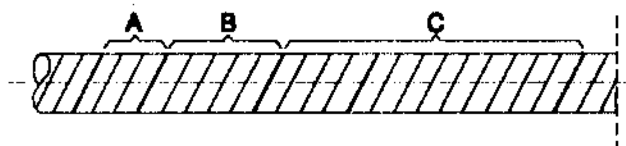
α/α	Κωδικοί αριθμοί	Χώρα παραγωγής	Βιομηχανία	Παρατηρήσεις
1	8 - 13	Ελλάδα	ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ	
2	8 - 14	Ελλάδα	ΣΙΔΕΝΟΡ	
3	8 - 15	Ελλάδα	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ	
4	8 - 18	Ελλάδα	ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	
5	8 - 24	Ελλάδα	ΣΙΔΕΝΟΡ (SOVEL)	
6	8 - 6	Ελλάδα	ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΗ ΧΑΛΥΨ	Δεν παράγει πλέον
7	4 - 5	Ιταλία	FERALPI SIDERURGICA	
8	4 - 7	Ιταλία	FERRIERE NORD	
9	4 - 9	Ιταλία	OFFICINE E FON. GALTAROSSA	
10	4 - 15	Ιταλία	LEALI LUIGI	
11	4 - 26	Ιταλία	ALFA ACCIAI	
12	5 - 4	Ην.Βασίλειο.	ALPHA STEEL	
13	1 - 9	Γερμανία	HES	
14	8 - 7	Τουρκία	ICDAS	
15	-	Τουρκία	COLAKOGLU	CM *
16	-	Τουρκία	ICDAS	ICTR *
17	-	Τουρκία	HABAS	H *
18	8 - 17	Τουρκία	EKINCILER DEMIR VE CELIK SANAYI	
19	-	Μολδαβία	-	MOLDOVA *
20	1 – 1**	Ουκρανία	KRIVOROZHSTAL	

* Υπάρχουν ανάγλυφα τα στοιχεία αυτά πάνω στη ράβδο.

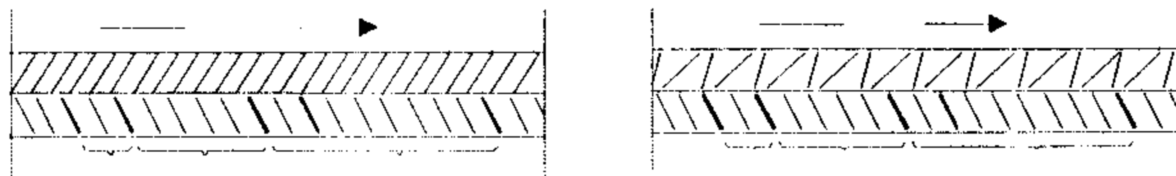
** Αντί για ενισχυμένες πλάγιες νευρώσεις υπάρχουν κουκίδες πάνω σε κανονικού πάχους νευρώσεις.



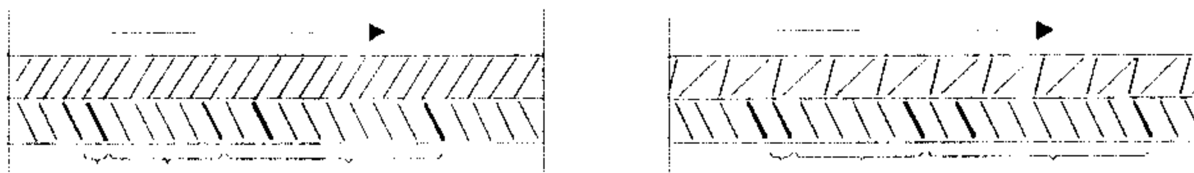
Σχήμα 1 Χάλυβας κατηγορίας FeB40 EU 80-69



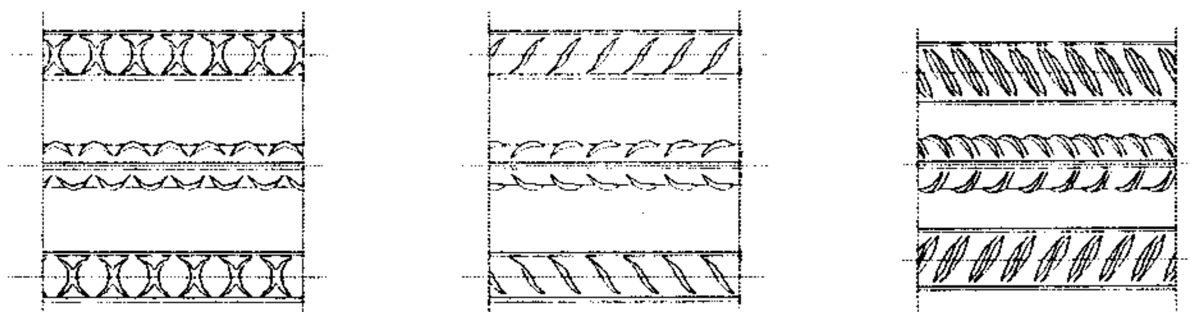
Σχήμα 2 Χάλυβας κατηγορίας FeB50 EU 80-69



Σχήμα 3 Χάλυβες κατηγορίας FeB400 και FeB500 σύμφωνα με EU 80-85



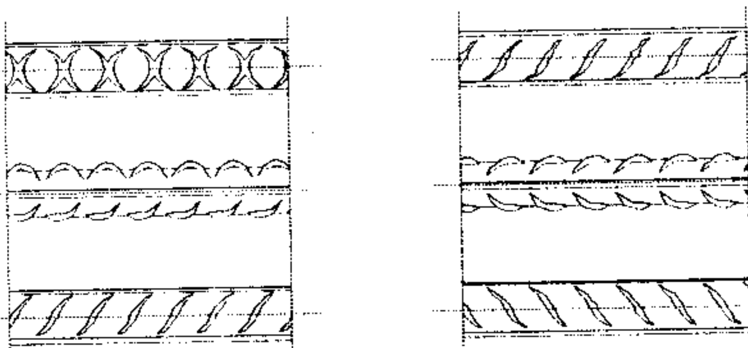
Σχήμα 4 Χάλυβες κατηγορίας BSt 420s και BSt 500s κατά DIN 488-84



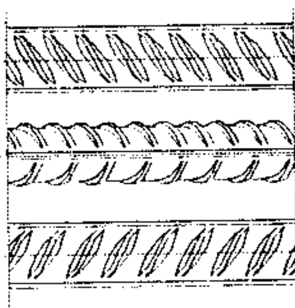
Σχήμα 5 Σημάνσεις χάλυβα κατηγορίας S 400 ή StIII



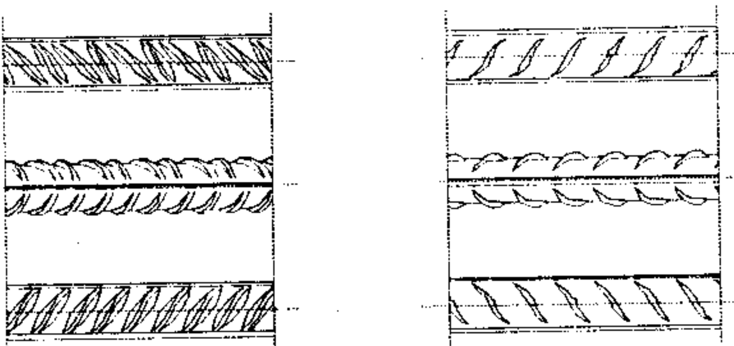
Σχήμα 6 Ελικοχάλυβας κατηγορίας S 400 ή St III



Σχήμα 7 Σημάνσεις χάλυβα S 500 ή St IV



Σχήμα 8 Σήμανση χάλυβα S 400s



Σχήμα 9 Σημάνσεις χάλυβα κατηγορίας S 500s ή St IV

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 (Πληροφοριακό) : ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΔΕΣΜΕΥΟΥΝ ΤΟ ΑΖΩΤΟ

Υπάρχει κάποια ασάφεια σχετικά με την υποσημείωση υπ' αριθμόν 1 του Πίνακα 3.5.1-1. Δεν διασαφηνίζεται επακριβώς η μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα αζώτου όταν συνυπάρχουν στοιχεία που το δεσμεύουν και κυρίως δεν αναφέρονται τα στοιχεία αυτά. Η έρευνα έχει δείξει ότι τα στοιχεία που δεσμεύουν το άζωτο, τόσο κατά τη χύτευση όσο και κατά τη θερμή έλαση του χάλυβα, είναι τα στοιχεία των ομάδων IVA (Ti, Zr, Hf), VA (V, Nb, Ta), και IIIB (B, Al) του Περιοδικού Συστήματος, καθώς επίσης και το W. Είναι επίσης γνωστό ότι το επίπεδο διαλυτότητας του αζώτου στον υγρό χάλυβα αυξάνει, όσο αυξάνει η συγκέντρωση των εν λόγω στοιχείων. Το ποσοστό του δεσμευομένου αζώτου από τα στοιχεία αυτά υπό τη μορφήν νιτριδίων διαφέρει ανάλογα με το στοιχείο. Νιτρίδια μπορούν να σχηματιστούν τόσο κατά τη διαδικασία της χύτευσης του χάλυβα, όσο και κατά την φάση επαναθέρμανσης των μπιγεττών (ωστενιτοποίηση - ανακρυστάλλωση) και της μετέπειτα θερμής έλασης. Τα νιτρίδια γίνονται πολύ σταθερές ενώσεις με την πτώση της θερμοκρασίας και βρίσκονται στα τελικά προϊόντα σαν μη μεταλλικά εγκλείσματα. Το ποσοστό του αζώτου που απομένει σε διάλυση εντός των κρυστάλλων του τελικού προϊόντος πρέπει να είναι χαμηλό, γιατί διαφορετικά θα υπάρξουν προβλήματα και από πλευράς ανωμαλιών στην επιφάνεια του τελικού προϊόντος, αλλά και λόγω του φαινομένου της γήρανσης από παραμόρφωση (strain aging), κατά το οποίο ο χάλυβας υφίσταται σκλήρυνση και ψαθυροποίηση σαν αποτέλεσμα γήρανσης λόγω πλαστικής παραμόρφωσης. Σύμφωνα με το prEN10080-1/99 το μέγιστο τελικό ποσοστό του αζώτου χωρίς την ύπαρξη στοιχείων που το δεσμεύουν είναι 0,014% ή 140 ppm. Προφανώς το μέγιστο αυτό ποσοστό αζώτου μπορεί να βρίσκεται σε διάλυση στους κόκκους του χάλυβα χωρίς περαιτέρω προβλήματα στις μηχανικές ιδιότητες του προϊόντος.

Παρακάτω υπολογίζονται οι μέγιστες περιεκτικότητες του αζώτου στον χάλυβα, δεσμευμένου και μη, για τα πλέον σημαντικά στοιχεία όπως Al (αργίλιο ή αλουμίνιο), B (βόριο), V (βανάδιο), Nb (νιόβιο) και Ti (τιτάνιο). Το Zr (ζιρκόνιο) αντιδρά σημαντικά με το άζωτο αλλά αποφεύγεται επειδή παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα στη χύτευση του χάλυβα. Οι υπολογισμοί γίνονται για τη φάση της επαναθέρμανσης των μπιγεττών, δηλαδή την ωστενιτοποίηση, ανακρυστάλλωση και θερμή έλαση. Στις θερμοκρασίες αυτές (1127°C ή 1400 K περίπου) τα γινόμενα διαλυτότητας στον ωστενίτη (γ-φάση) είναι:

$[\%Al]\,[\%N] = 1{,}0\ 10^{-4}$ (Π2-1)

με προϊόν το AlN, και για ενδεικτική τιμή π.χ. 0,040% Al η ισορροπία δίνει περίπου 25 ppm N.

$[\%B]\,[\%N] = 1{,}8\ 10^{-3}$ (Π2-2)

με προϊόν το BN, και για ενδεικτική τιμή π.χ. 20 ppm B η ισορροπία δίνει 90 ppm N.

$[\%V]\,[\%N] = 2{,}3\ 10^{-3}$ (Π2-3)

με προϊόν το VN, και για ενδεικτική τιμή π.χ. 0,10 % V η ισορροπία δίνει περίπου 230 ppm N.

$[\%Ti]\,[\%N] = 1{,}3\ 10^{-6}$ (Π2-4)

με προϊόν το TiN, και για ενδεικτική τιμή π.χ. 0,03 % Ti η ισορροπία δίνει περίπου 0,5 ppm N.

$[\%Nb]\,[\%N] = 3{,}5\ 10^{-4}$ (Π2-5)

με προϊόν το NbN, και για ενδεικτική τιμή π.χ. 0,05 % Nb η ισορροπία δίνει περίπου 70 ppm N.

$[\%Nb]\ [\%C]^{0,7}\ [\%N]^{0,2} = 2{,}3\ 10^{-3}$ (Π2-6)

με προϊόν το Nb(C,N) με ατομική σύσταση $NbC_{0,7}N_{0,2}$, και για ενδεικτική τιμή π.χ. 0,05 % Nb η ισορροπία δίνει περίπου 0,6ppm N.

Ειδικότερα:

- Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης κατακρήμνισης του AlN φαίνεται ότι για κάθε 0,01% Al στον γ-Fe κατακρημνίζονται περίπου 0,0052 % N ή 52 ppm N, και μέχρι του ορίου των 0,04 % Al δεσμεύονται περίπου 208 ppm N, προσθέτοντας δε και τα 140 ppm N που επιτρέπονται να υπάρχουν αδέσμευτα στον χάλυβα χωρίς πρόβλημα στις μηχανικές ιδιότητες, συμπεραίνεται ότι το άζωτο μπορεί να φθάσει τα επίπεδα του 0,0348% ή 348 ppm N max στο τελικό προϊόν για 0,04% Al max.

- Ομοίως, κάθε ppm B δεσμεύει περίπου 1,3 ppm N, οπότε για μέχρι 20 ppm B max το άζωτο μπορεί να φθάσει τα επίπεδα των 0,0165% N ή 165 ppm N (25+140 ppm N).

- Το Ti κατακρημνίζει περίπου 29 ppm N για κάθε 0,01% Ti. Στην πράξη η δέσμευση του αζώτου από το τιτάνιο έχει ήδη ξεκινήσει από τη στιγμή της χύτευσης του χάλυβα με αποτέλεσμα το Al να παίζει περισσότερο τον ρόλο του αποξειδωτικού παρά της δέσμευσης του αζώτου. Για ένα ποσοστό 0,03% Ti η συγκέντρωση του αζώτου στο τελικό προϊόν μπορεί να φθάσει τα 0,023% N ή 230 ppm N.

- Το V κατακρημνίζει 27,5 ppm N για κάθε 0,01%V, και μέχρι του επιπέδου των 0,1%V μπορούν να δεσμευτούν μέχρι και 275 ppm N. Η ισορροπία όμως, σύμφωνα με την εξίσωση (Π2-3) δείχνει ότι η κατακρήμνιση VN είναι πρακτικά αδύνατη στον γ-Fe. Οντως, η δημιουργία VN γίνεται ουσιαστικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, δηλαδή στον α-Fe.

Στους 700°C (973 K), μια νέα συνθήκη ισορροπίας ισχύει σύμφωνα με τον τύπο:

$$[\%V]\,[\%N] = 8{,}1\ 10^{-7} \qquad (\Pi 2\text{-}7)$$

- Ετσι για τα επίπεδα μέχρι του 0,1%V ελάχιστα ppm N μπορούν να υπάρξουν διαλυμένα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, για περιεκτικότητες βαναδίου στην περιοχή των 0,1% V η περιεκτικότητα σε N μπορεί να είναι μέχρι και 0,042% N ή 420 ppm N.
- Για το Nb (νιόβιο), η κατακρήμνιση νιτριδίων του είναι ακόμη πιο πολύπλοκη καθόσον επηρεάζεται και από την κατακρήμνιση σύνθετων μορφών καρβονιτριδίων Nb(C,N). Η κατακρήμνιση γίνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες στον ωστενίτη. Γενικά όμως φαίνεται ότι για περιεκτικότητες 0,05%Nb περίπου, το άζωτο μπορεί να βρίσκεται στα επίπεδα των 0,022% N ή 220 ppm N.

Οι ανωτέρω θερμοδυναμικοί ισχυρισμοί επιβεβαιώνονται και από πλευράς κινητικής. Για τα στοιχεία εκτός του βαναδίου ο σχηματισμός νιτριδίων συμβαίνει στον ωστενίτη σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η ταχύτητα διάχυσης των στοιχείων αυτών και του αζώτου στον γ-Fe είναι ο μηχανισμός που ελέγχει την αντίδραση. Ο συντελεστής διαχύσεως του αζώτου στον γ-Fe στους 1050°C (1323 K) είναι: $D = 2{,}12\ 10^{-11}\ m^2/sec$. Ακόμη και για μεγάλους κόκκους ωστενίτη, της τάξεως των 300 μm, ο απαιτούμενος χρόνος για τη διάχυση του αζώτου από το κέντρο ενός κόκκου στα όριά του δίνεται από την προσεγγιστική σχέση:

$$\tau = d^2/(16D) \qquad (\Pi 2\text{-}8)$$

και ισούται προς 4,5 min, χρόνος επαρκής για να συμβεί το φαινόμενο στο φούρνο αναπυρακτώσεως.

Για το βανάδιο, η κατακρήμνιση γίνεται στον α-Fe τη στιγμή της θερμής έλασης κάτω από τους 700°C (973 K), όταν φυσικά έχει ήδη λάβει χώρα η εκλέπτυνση κόκκων λόγω της μηχανικής κατακόνησης του υλικού από τη μεγάλη μείωση της διατομής του προϊόντος. Στις θερμοκρασίες αυτές ο συντελεστής διαχύσεως του αζώτου στον α-Fe είναι περίπου $D = 2{,}5\ 10^{-11}\ m^2/sec$. Ακόμη και για μεγάλους κόκκους φερρίτη, της τάξεως των 50 μm (για μικροκραματωμένους χάλυβες), ο απαιτούμενος χρόνος για τη διάχυση του αζώτου από το κέντρο ενός κόκκου στα όριά του που δίνεται από την προσεγγιστική σχέση (Π2-8) ισούται προς 6,5 sec, χρόνος ικανός για να συμβεί το φαινόμενο κατά τη διάρκεια της θερμής έλασης.

Βιβλιογραφία

1. D.B.Evans-R.D.Pehlke, Trans. TMS-AIME, 1964, vol. 230, σελ. 1651-1662, και 1965, vol. 233, σελ. 1620-1624.
2. Z.Morita-T.Tanaka-T.Yanai, 'Equilibria of Nitride Forming Reactions in Liquid Iron Alloys', Met. Trans. B, vol. 18B, 1987, σελ. 195-202.
3. P.D.Deeley, K.J.A. Kundig, H.R. Spendelow.Jr., 'Ferroalloys & Alloying Additives Handbook', ShieldAlloy-Metallurg Alloy Corp., New York, 1981.
4. J.F.Elliott, 'Physical Chemistry of Liquid Steel', in Electric Furnace Steelmaking, Ed. C.R. Taylor, ISS-AIME, 1985, σελ. 315.
5. M.Vergauwens,'Nitrogen in Steel',Heraeus Electro-Nite, 1996.
6. Reed-Hill, 'Physical Metallurgy Principles', 2nd Ed., D.Van Nostrand, σελ. 346.
7. E.T.Turkdogan,'Causes and Effects of Nitride and Carbonitride precipitation in HSLA steels in relation to continuous casting', Steelmaking Conf. Proceedings, ISS, 1987, vol. 70, σελ. 399-416.
8. M.F.Ashby – D.R.H.Jones, 'Engineering Materials', 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, vol. 1, 1996, σελ. 184.
9. Smithells Metals Reference Book, 6th Ed., Butterworths, 1983, σελ. 12-14 έως 12-16.
10. Guy-Hren, 'Elements of Physical Metallurgy', Addison Wesley, 3rd Ed., 1974, σελ. 454.
11. M.Gunziger-P.Wille, 'The Production of High Quality Reinforcing Bar Steels at Ferrowohlen AG/Switzerland', Union Carbide Deutchland GmbH, Dusseldorf, Germany.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 (Πληροφοριακό) : ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

1 Ιστορικό

Οπως είναι γνωστό, η χρήση της ραδιενέργειας σε πολλές εφαρμογές (ερευνητικές, διαγνωστικές, θεραπευτικές, τεχνολογικές, στρατιωτικές) έχει αυξηθεί με αλματώδεις ρυθμούς κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Η χρησιμοποίηση τεχνητών ραδιενεργών υλικών καλύπτει σήμερα σχεδόν όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (πυρηνικοί σταθμοί), τη διάγνωση και θεραπεία ασθενειών (πυρηνική ιατρική), τις εφαρμογές στην έρευνα και βιομηχανία (μέθοδοι ανάλυσης και χαρακτηρισμού υλικών, υψηλής ακρίβειας συστήματα μέτρησης) έως και πρακτικές εφαρμογές της καθημερινής ζωής (ανιχνευτές καπνού).

Η ευρύτατη χρησιμοποίηση των τεχνητών ραδιενεργών υλικών εκτός από την θετικότατη συμβολή τους στην εξέλιξη του τεχνικού πολιτισμού, είχε, όπως είναι γνωστό, πολλές αρνητικές επιπτώσεις στον τομέα της ανθρώπινης υγείας, προερχόμενες όχι μόνο από την υπερβολική, καταχρηστική και χωρίς μέτρα προφύλαξης χρήση, αλλά και από την ανεξέλεγκτη διάθεσή τους από τους χρήστες μετά τη λήξη της λειτουργίας τους.

Παρά τα λαμβανόμενα μέτρα από τους εθνικούς φορείς ελέγχου των ραδιενεργών πηγών, είναι αναπόφευκτη η αδυναμία πλήρους ελέγχου της αγοράς, διακίνησης, χρήσης και απόρριψής τους. Η κατάσταση επιδεινώθηκε τα τελευταία χρόνια λόγω των ραγδαίων κοινωνικοπολιτικών αλλαγών στις χώρες της ανατολικής Ευρώπης, ενώ η πρόσφατη διεθνής εμπειρία απέδειξε ότι δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντική ούτε στις θεωρούμενες χώρες υψηλού επιπέδου ελέγχου (Η.Π.Α., Βρετανία, Γαλλία, Γερμανία...).

Υπολογίζεται ότι περισσότερες από 2.000.000 ραδιενεργές πηγές χρησιμοποιούνται σήμερα νόμιμα σε όλο τον κόσμο. Σύμφωνα με μετριοπαθείς εκτιμήσεις τουλάχιστον 40 - 50 πηγές χάνονται κάθε χρόνο!

Τα κυριότερα φυσικώς ραδιενεργά στοιχεία είναι τα ουράνιο (U), ράδιο (Ra), θόριο (Th) και κάλιο (K), ενώ στα βασικότερα τεχνητώς ραδιενεργά στοιχεία συγκαταλέγονται τα καίσιο (Cs), κοβάλτιο (Co), αμερίκιο (Am), ιρίδιο (Ir) και στρόντιο (Sr).

2 Η ραδιενέργεια στη βιομηχανία χάλυβα

Η ανεξέλεγκτη απόρριψη ραδιενεργών πηγών ή/και αποβλήτων δημιουργεί κατά τα τελευταία 10 έτη προβλήματα στις βιομηχανίες χάλυβα και ιδιαίτερα στις χαλυβουργίες ανακύκλωσης παλαιοσιδήρου (χαλυβουργίες που χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κλιβάνους τήξης). Το πρόβλημα εντοπίζεται στην πιθανότητα, έστω και πάρα πολύ μικρή, ύπαρξης ραδιενεργών υλικών στον παλαιοσίδηρο, με πιθανά επακόλουθα την έκθεση των εργαζομένων σε κίνδυνο, καθώς και την παρουσία ραδιενέργειας στα προϊόντα ή/και στα παραπροϊόντα της βιομηχανίας.

Τα πρώτα περιστατικά ανίχνευσης ραδιενέργειας σε παλαιοσίδηρο εμφανίστηκαν στο τέλος της δεκαετίας του '80 σε χαλυβουργίες των Ηνωμένων Πολιτειών και της Σουηδίας και αφορούσαν ραδιενεργά απόβλητα από την πρώην Σοβιετική Ενωση. Οπως ήταν φυσικό τα μέτρα πρόληψης στράφηκαν προς τον έλεγχο των αποβλήτων πυρηνικών εργοστασίων, ιδιαίτερα για τον παλαιοσίδηρο προέλευσης ανατολικής Ευρώπης. Σύντομα όμως έγινε κατανοητό, με τη χρήση και των σύγχρονων μέσων ανίχνευσης που στο μεταξύ αναπτύχθηκαν, ότι εν δυνάμει πηγή κινδύνου, ίσως και μεγαλύτερης σπουδαιότητας, αποτελεί ο παλαιοσίδηρος οποιασδήποτε προέλευσης, λόγω της ανεξέλεγκτης απόρριψης ραδιενεργών πηγών.

Τα συχνότερα εμφανιζόμενα στον παλαιοσίδερο ραδιενεργά ισότοπα είναι το Co-60, Cs-137, Ra-226, Th-232, U-238, Am-241 και Ir-192. Προέρχονται κυρίως από πηγές που χρησιμοποιούνται στην Ιατρική (όργανα διάγνωσης, θεραπείας, ραδιογραφικές κάμερες κ.α.) και στη βιομηχανία (όργανα μέτρησης διαστάσεων), καθώς και από προστατευτικά περιβλήματα των παραπάνω πηγών.

Εκτός από τα παραπάνω τεχνητώς ραδιενεργά υλικά, εμφανίζονται και τα φυσικώς ραδιενεργά υλικά - NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials), τα οποία αποτελούν, συνήθως, συγκεντρώσεις ραδιενεργού υλικού πάνω σε μεταλλικές επιφάνειες, όπως π.χ. σε αγωγούς πετρελαίου, αντλίες υγρών και εναλλάκτες θερμότητας.

Από το 1983 έως σήμερα υπήρξαν σε όλον τον κόσμο, περισσότερες από 60 καταγεγραμμένες περιπτώσεις επιβάρυνσης εγκαταστάσεων παραγωγής χάλυβα με ραδιενέργεια. Τα συνολικά έξοδα καθαρισμού των εγκαταστάσεων, απώλειας παραγωγικού χρόνου και διάθεσης των ραδιενεργών αποβλήτων, που προέκυψαν για τη βιομηχανία χάλυβα υπολογίζονται σε περισσότερα από 25 εκατομμύρια δολάρια.

3 Μέτρα ελέγχου

Την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα ευαίσθητα και αποτελεσματικά όργανα ανίχνευσης, εντοπισμού και μέτρησης της ραδιενέργειας στον παλαιοσίδηρο και στον χάλυβα. Η βιομηχανία χάλυβα με τη χρησιμοποίησή τους αποβλέπει σε πρώτη φάση στην ανίχνευση ραδιενεργών υλικών στον παλαιοσίδηρο και στην απομόνωσή τους πριν εισέλθουν στην παραγωγική διαδικασία, και σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό (περίπτωση πηγής με ισχυρή προστατευτική επένδυση) στον εντοπισμό και απομόνωσή τους κατά τη διάρκεια της παραγωγής.

Με τη χρήση των παραπάνω οργάνων η βιομηχανία χάλυβα αποσκοπεί:

- στην προστασία του προσωπικού
- στην αποφυγή επιβάρυνσης με ραδιενέργεια των παραγόμενων χαλύβων
- στην προστασία του περιβάλλοντος (αποφυγή επιβάρυνσης με ραδιενέργεια των παραπροϊόντων)

Τα μέτρα πρόληψης και ελέγχου που λαμβάνονται στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης και τις Ηνωμένες Πολιτείες περιλαμβάνουν σε πρώτη φάση τον έλεγχο του παλαιοσιδήρου (πιστοποιητικά απαλλαγής από ραδιενέργεια για τον εισαγόμενο, έλεγχός του στην είσοδο του εργοστασίου κυρίως με υπερευαίσθητους σταθερούς ανιχνευτές) και σε δεύτερη φάση τον έλεγχο κατά τη διάρκεια παραγωγής του χάλυβα (έλεγχος και προσδιορισμός ραδιενεργού ενεργότητας ανά παρτίδα με εργαστηριακό μετρητή ραδιενέργειας).

Από τα παραπάνω μέτρα ελέγχου ιδιαίτερα σημαντική αποδεικνύεται στην πράξη η χρήση των σταθερών ανιχνευτών για την ανίχνευση ραδιενέργειας στον παλαιοσίδηρο, κατά την είσοδό του στο εργοστάσιο. Η αύξηση του εντοπισμού ραδιενεργών υλικών στον παλαιοσίδηρο,τα τελευταία 10 έτη, είναι θεαματική και συνδέεται άμεσα με τη χρησιμοποίηση, από το 1988, των σταθερών ανιχνευτών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 (Πληροφοριακό): ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

1 Συγκόλληση με σπινθηρισμούς (flash welding)

Η συγκόλληση με σπινθηρισμούς (flash welding) γίνεται ως εξής: Οι δύο ράβδοι που πρόκειται να συγκολληθούν συσφίγγονται η κάθε μία χωριστά σε μία διάταξη με σιαγόνες, η οποία ευθυγραμμίζει τα προς συγκόλληση άκρα και τα φέρνει σε επαφή, χωρίς όμως να ασκεί πίεση. Η διάταξη συνδέεται με το δευτερεύον κύκλωμα μετασχηματιστή.

Η συγκόλληση γίνεται σε δύο διαδοχικά στάδια: Στο πρώτο (στάδιο θέρμανσης) εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση και οι ράβδοι συμπιέζονται προοδευτικά με τη βοήθεια κινούμενης διάταξης, ώστε το ηλεκτρικό κύκλωμα αποκαθίσταται μέσω λίγων σημείων της επιφάνειας συγκόλλησης που προεξέχουν, όπου η πυκνότητα του ρεύματος είναι μεγάλη. Δημιουργούνται τότε τοπικοί σπινθηρισμοί (flashes) που προκαλούν τήξη και εκτινάξεις πυρακτωμένου μετάλλου.

Όταν το τήγμα έχει αρχίσει να ξεχειλίζει από την περιφέρεια της διατομής και η επιφάνεια έχει φθάσει στη θερμοκρασία συγκόλλησης, τότε, σ΄ ένα δεύτερο στάδιο διακόπτεται η εφαρμογή της ηλεκτρικής τάσης, και με μία ταχεία κίνηση εφαρμόζεται ισχυρή συμπίεση, οπότε επέρχεται αυτογενής συγκόλληση (forging stage).

Αυτή η τεχνική λέγεται "ψυχρή συγκόλληση με σπινθηρισμούς" επειδή δεν χρησιμοποιεί προθέρμανση των άκρων. Το μειονέκτημά της είναι ότι απαιτεί πολύ μεγάλη ισχύ.

Υπάρχει και η παραλλαγή της "θερμής συγκόλλησης με σπινθηρισμούς" όπου τα άκρα προθερμαίνονται από εξωτερική πηγή ή από ηλεκτρικούς παλμούς.

Η τεχνική δεν μπορεί να εφαρμοσθεί όταν η περιεκτικότητα του χάλυβα σε πυρίτιο υπερβαίνει το 0,8%, κατ΄άλλους το 1,2%. Ο φωσφόρος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,06% και το θείο το 0,05%.

Επίσης η τεχνική με προθέρμανση (θερμή) δεν επιτρέπεται να εφαρμοσθεί σε χάλυβες που έχουν διαμορφωθεί εν ψυχρώ.

Τα άκρα που θα συγκολληθούν πρέπει να καθαρισθούν καλά, καθώς και οι περιοχές σύσφιγξης με τις σιαγόνες, απ΄ όπου διέρχεται το ρεύμα.

Οι σιαγόνες πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση από τη συγκόλληση ίση με 1,6 έως 2 φορές το πολύ τη διάμετρο των ράβδων.

Οι σπινθηρισμοί στη διάρκεια του σταδίου θέρμανσης καταναλώνουν ένα μήκος ίσο προς το 0,5 της διαμέτρου της ράβδου όταν δεν υπάρχει προθέρμανση και προς το 1,5 της διαμέτρου της ράβδου όταν υπάρχει προθέρμανση. Η απόσταση μεταξύ των δύο διατομών που συγκολλούνται είναι 5-7 mm.

Η απαιτούμενη ισχύς είναι της τάξεως του 0,025kW/mm^2 της διατομής και η πίεση σφυρηλάτησης περίπου 60 N/mm^2.

Η μηχανή φέρει ρυθμιζόμενο μετασχηματιστή και η επιλογή της έντασης και τάσης γίνεται μέσω διαγραμμάτων συναρτήσει της διαμέτρου των ράβδων. Προτιμώνται οι αυτόματες μηχανές.

2 Συγκόλληση με συμπίεση (σύνθλιψη) και αέριο

Η συγκόλληση με συμπίεση και αέριο (pressure-gas welding) είναι παραπλήσια με την προηγούμενη, με τη διαφορά ότι η θέρμανση των προς συγκόλληση επιφανειών γίνεται με τη βοήθεια οξυακετυλενικής φλόγας.

Οι δύο ράβδοι συσφίγγονται η κάθε μία χωριστά σε μία διάταξη με σιαγόνες, η οποία ευθυγραμμίζει τα προς συγκόλληση άκρα συγκρατώντας τα σε κάποια απόσταση.

Η συγκόλληση γίνεται σε δύο διαδοχικά στάδια: Στο πρώτο (στάδιο θέρμανσης) εφαρμόζεται θέρμανση στο διάκενο με τη βοήθεια καυστήρων οξυγόνου -ασετιλίνης σε κυκλική διάταξη γύρω από τις ράβδους μέχρι να επέλθει τήξη των ράβδων. Τότε, σ΄ ένα δεύτερο στάδιο (σφυρηλάτησης) με μία ταχεία κίνηση εφαρμόζεται ισχυρή συμπίεση, οπότε επέρχεται αυτογενής συγκόλληση. Τότε μόνον διακόπτεται η λειτουργία των καυστήρων, η οποία πλην της θέρμανσης εξασφαλίζει και την προστασία του μετάλλου από την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα.

Το πλεονέκτημά της μεθόδου είναι η χαμηλή επένδυση σε σχέση με την προηγούμενη τεχνική, ενώ το κόστος λειτουργίας είναι παραπλήσιο.

Η παραγωγικότητα είναι περίπου 10 συγκολλήσεις την ώρα, ανάλογη προς την προηγούμενη τεχνική. Είναι ιδιαίτερα

αποδοτική για διαμέτρους άνω των 12 mm.

Πρέπει η θέρμανση να επιτυγχάνεται γρήγορα, διότι η παρατεταμένη θέρμανση οδηγεί σε ύψωση της θερμοκρασίας σε μεγάλη απόσταση από τη συγκόλληση. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της αντοχής, ιδιαίτερα για ράβδους που έχουν διαμορφωθεί εν ψυχρώ.

Οι ράβδοι που θα συγκολληθούν κόβονται με καλό ψαλίδι, πριόνι ή τροχό. Τα άκρα τους δεν πρέπει να παρουσιάζουν την παραμικρή κάμψη.

Η απόσταση μεταξύ των απέναντι σιαγόνων πρέπει να είναι περίπου 4 φορές τη διάμετρο της ράβδου.

Η απόσταση μεταξύ των άκρων πρέπει να είναι περίπου το 1/10 της διαμέτρου της ράβδου μέχρι διάμετρο 30 mm και 3mm για μεγαλύτερες διαμέτρους.

3 Σημειακή συγκόλληση με αντίσταση

Η μέθοδος αυτή, αν δεν απαγορεύεται η χρήση της στο εργοτάξιο, λόγω του απαιτούμενου σταθερού εξοπλισμού προορίζεται ουσιαστικά για χρήση στο εργοστάσιο ή στις επιχειρήσεις διαμόρφωσης οπλισμού.

Για την επίτευξη αναπαραγωγισιμότητας των αποτελεσμάτων της συγκόλλησης πρέπει να ελέγχονται και προκαθορίζονται το ρεύμα συγκόλλησης, ο χρόνος συγκόλλησης και η δύναμη του ηλεκτροδίου. Γι΄ αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο μηχανές με αυτόματο έλεγχο. Το σύστημα θα πρέπει να έχει δυνατότητα μεταθέρμανσης της συγκόλλησης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 (Πληροφοριακό): ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

1 Γενικότητες

α) Η παραλαβή του τοποθετημένου οπλισμού είναι ο τελευταίος κρίκος μιας μακράς και υπεύθυνης αλυσίδας μελέτης και κατασκευής του έργου. Για την αποτελεσματικότητα του έργου όλοι οι κρίκοι είναι ισοδύναμοι: Καμμιά σοφή μελέτη δεν μπορεί να αντισταθμίσει μια εσφαλμένη τοποθέτηση οπλισμού.

β) Επομένως, η παραλαβή του οπλισμού είναι μια πολύ κρίσιμη τεχνική φάση, η οποία απαιτεί:

- Εγκαιρη παρακολούθηση των εργασιών διαμορφώσεώς του, κατά τις απαιτήσεις των Κανονισμών και της μελέτης
- Ευμέθοδη εργασία ελέγχου, υπομονή και επιμονή στην αναζήτηση των λεπτομερειών, και επάρκεια διαθέσιμου χρόνου
- Βοηθητικό προσωπικό για την εκτέλεση των μετρήσεων και συμπαράσταση στην εντόπιση τυχόν κακοτεχνιών
- Οργανα μετρήσεως (άκαμπτες και εύκαμπτες μετροταινίες, παχύμετρα για την -προσεγγιστική- μέτρηση διαμέτρων, ενδεχομένως φωτογραφική μηχανή).

Κατά την παραλαβή του οπλισμού είναι σκόπιμο να επανελέγχεται η τήρηση των απαιτήσεων ως προς την προδιαγραφόμενη από τη μελέτη κατηγορία χαλύβων και τις λοιπές τους ιδιότητες, από τα τυχόν απαιτούμενα πιστοποιητικά προελεύσεως ή δοκιμών.

Θα ελέγχεται επίσης η καθαρότητα των οπλισμών από τυχόν σκουριές ή λάδια ή άλλες ακαθαρσίες.

γ) Σε περίπτωση απαιτούμενων διορθώσεων του οπλισμού (ή και πλήρους απορρίψεως τμήματος ή συνόλου), οι αντίστοιχες παρατηρήσεις και απαιτήσεις εγγράφονται στο Ημερολόγιο του Εργου. Αν οι παρατηρήσεις είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν αμέσως, παρακολουθείται επί τόπου η συμμόρφωση ή χορηγούνται οι κατάλληλες οδηγίες στο βοηθητικό προσωπικό της επίβλεψης και τον εκπρόσωπο του εργολάβου.

δ) Με το πέρας της παραλαβής τοποθετημένου οπλισμού ή επαναπαραλαβής διορθωθέντος, δίνεται εντολή συνεχίσεως των εργασιών (διαστρώσεως σκυροδέματος) ή, όπου απαιτείται, συντάσσεται Πρωτόκολλο Παραλαβής Αφανών Εργασιών με βάση τους Πίνακες Αναπτυγμάτων Οπλισμών στο οποίο, ενδεικτικώς, σημειώνονται και τα ακόλουθα:

- Στοιχεία του συνολικού έργου και του ελεγχθέντος τμήματος
- Ονόματα εκπροσώπων κατασκευαστή και επιβλέποντα που παρέστησαν και συνυπογράφουν το Πρωτόκολλο
- Τυχόν υπάρχουσες παρατηρήσεις.

2 Ευστάθεια και ακεραιότητα τοποθετημένου οπλισμού

α) Ελέγχεται η ικανότητα των ράβδων να μη μετακινηθούν και των κλωβών να μην παραμορφωθούν, ως σύνολο ή ως μέρη, απ' τις θέσεις όπου έχουν τοποθετηθεί, λόγω:

- Του βάρους των τεχνιτών και του εξοπλισμού
- Τυχαίων προσκρούσεων από εργαλεία ή μηχανές
- Του βάρους και της κινήσεως του σκυροδέματος καθώς εκχύνεται
- Της χρήσεως των δονητών.

β) Προς τούτο ελέγχονται:

- Τα δεσίματα των ράβδων σε επαρκώς αντιπροσωπευτικό δείγμα ανά περιοχή
- Η επάρκεια και η ακεραιότητα των συγκολλήσεων (αν υπάρχουν)
- Η στήριξη των κλωβών ή των ράβδων στον πυθμένα του ξυλοτύπου ή η ανάρτησή-τους όπου είναι αναγκαίο
- Η επάρκεια των διαδρόμων εργασίας (περάσματα, προσωρινές γεφυρώσεις) που απαιτούνται πάνω απ' τους κλωβούς για την ευόδωση της σκυροδετήσεως χωρίς να κινδυνεύει η ευστάθεια και η ακεραιότητα του οπλισμού
- Η επάρκεια διόδων των δονητών συμπυκνώσεως του σκυροδέματος χωρίς να χρειασθεί η ανεξέλεγκτη διάνοιξη τέτοιων διόδων κατά τη διάρκεια σκυροδετήσεως.

3 Γεωμετρία ράβδων οπλισμού

Προς τούτο ελέγχονται τα ακόλουθα:

α) Διάμετροι και αριθμός ράβδων

β) Αποστάσεις ράβδων οριζοντίως και κατακορύφως

γ) Τοποθέτηση τυχόν "ομάδων ράβδων"

δ) Ευθυγραμμία ράβδων (αποφυγή αθέλητων καμπυλοτήτων ή τσακισμάτων εκτός της περιοχής αγκυρώσεων)

ε) Ανεμπόδιστο πέρασμα ράβδων σε θέσεις διασταυρώσεων και κόμβων, χωρίς τοπικά τσακίσματα

στ) Ορθότητα ματισμάτων και αναμονών

ζ) Ορθότητα κλεισίματος και αγκυρώσεων συνδετήρων και συνδέσμων (π.χ. με διπλό γάντζο 135°) και κατάσαρκης επαφής τους με τους διαμήκεις οπλισμούς.

4 Επάρκεια επικαλύψεων οπλισμού

α) Ελέγχεται το απομένον πάχος του προστεθησόμενου σκυροδέματος πάνω, κάτω ή δίπλα στους ακραίους οπλισμούς, ώστε να προστατεύονται επαρκώς από τη διείσδυση εξωτερικών βλαπτικών υγρών ή αερίων, και να διαθέτουν την αναγκαία συνάφεια.

β) Προς τούτο ελέγχονται:

- Οι αποστάσεις των "ακραίων" οπλισμών (διαμήκων ή συνδετήρων ή των αγκυρώσεων αυτών) από το καλούπι ή από την ιδεατή τελική επάνω επιφάνεια του σκυροδέματος
- Η επάρκεια των αντίστοιχων αποστατήρων, σε αριθμό και αντοχή και η καταλληλότητα του υλικού τους.

Οι έλεγχοι αυτοί διεξάγονται σε επαρκώς μεγάλο πλήθος ράβδων και θέσεων μέσα σε κάθε δομικό στοιχείο, ώστε να θεωρείται εξασφαλισμένη η αντιπροσωπευτικότητα αυτών των ελέγχων. Το πλήθος αυτό είναι αντίστροφη συνάρτηση της εμπειρίας και της ικανότητας του ελέγχοντος.

5 Γενική παρατήρηση

Ο παραλαμβάνων έχει επίσης το δικαίωμα, χρησιμοποιώντας τη γνώση και την εμπειρία του, να υποδείξει τυχόν εμφανή ανεπάρκεια οπλίσεως, και να εισηγηθεί εγγράφως και προφορικώς ή και να επιβάλει αμέσως επιτόπου, τις σχετικές συμπληρώσεις - ιδίως σε τοπικούς δευτερεύοντες οπλισμούς (όπως άοπλες μεγάλων διαστάσεων γωνίες στοιχείων, βοηθητικοί οπλισμοί, κ.ά.) ανεξαρτήτως και πέρα από τις αναγραφές των σχεδίων ξυλοτύπων της μελέτης.



Ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (ΚΤΧ) συντάχθηκε από Επιτροπή που συγκροτήθηκε με την Δ14/28666/17.12.98 Απόφαση του Υφυπουργού ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. κ.Χρίστου Βερελή και λειτούργησε στο ΚΕΔΕ στα πλαίσια του έτους ποιότητας.

Μέλη της Επιτροπής ήταν οι :

1. Σωτήριος Τσεσέρης	*Χημικός Μηχανικός Διευθυντής στο ΚΕΔΕ, Πρόεδρος της Επιτροπής*
2. Γεωργία Αγναντιάρη	*Χημικός Μηχανικός στο Εργαστήριο Μετάλλων του ΚΕΔΕ*
3. Γεώργιος Βαρουφάκης	*Αν. Καθ. Παν. Αθηνών - Πρόεδρος του ΕΛΟΤ*
4. Θεοδ. Βουδικλάρης	*Πολιτικός Μηχανικός, Μελετητής*
5. Κων/νος Μάμαλης	*Μηχανολόγος Μηχανικός στη Χαλυβουργία Θεσσαλίας*
6. Αβραάμ Μαστοράκης	*Δρ. Μεταλλουργός Μηχανικός στη ΣΙΔΕΝΟΡ*
7. Παναγ. Μαυροειδής	*Μεταλλουργός Μηχανικός στη Θώραξ Αντισεισμική*
8. Σαράντος Μουγιάκος	*Μεταλλουργός Μηχανικός στο Εργαστήριο Μετάλλων του ΚΕΔΕ*
9. Γεώργιος Μπατής	*Δρ. Χημικός Μηχανικός, Αν. Καθ. Ε.Μ.Π στον Τομέα Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών*
10. Γεωργ. Παπαδημητρίου	*Δρ. Μεταλλουργός Μηχανικός, Καθ. ΕΜΠ στον Τομέα Μεταλλουργίας και Τεχν. Υλικών, Εργαστ. Συγκολλήσεων*
11. Αλέξανδρος Πλάκας	*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Λέκτορας ΕΜΠ στον Τομέα Δομοστατικής, Εργαστ. Οπλισμ. Σκυροδέματος*
12. Παναγιώτης Σισμάνης	*Δρ. Μεταλλουργός στην Ελληνική Χαλυβουργία*
13. Βασίλειος Σκαράκης	*Χημικός στη Χαλυβουργική*
14. Στυλιανός Σούτης	*Μεταλλουργός Μηχανικός, ΕΔΠ ΕΜΠ στον Τομέα Μεταλλουργίας και Τεχν. Υλικών, Εργαστ. Συγκολλήσεων*
15. Θεοδόσιος Τάσιος	*Πολιτικός Μηχανικός, Ομοτ. Καθ. ΕΜΠ στον Τομέα Δομοστατικής, Εργαστ. Οπλισμ. Σκυροδέματος*
16. Κων/νος Τρέζος	*Πολιτικός Μηχανικός, Επικ. Καθ. ΕΜΠ στον Τομέα Δομοστατικής, Εργαστ. Οπλισμ. Σκυροδέματος*
17. Μιλτ.Χρονόπουλος	*Πολιτικός Μηχανικός, Επ. Συν. Καθ. ΕΜΠ στον Τομέα Δομοστατικής, Εργαστ. Οπλισμ. Σκυροδέματος*

Αθήνα, 21-2-2000
Ο Δ/ντής ΚΕΔΕ

Σωτ. Τσεσέρης
Χημ. Μηχανικός με Α΄β

ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ

ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ 34 * ΑΘΗΝΑ 104 32 * TELEX 223211 YPET GR * FAX 52 34 312
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: http: www.et.gr
e-mail: webmaster @ et.gr

ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΟΛΙΤΩΝ

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
Σολωμού 51

Πληροφορίες δημοσιευμάτων Α.Ε. - Ε.Π.Ε.	5225 761 - 5230 841
Πληροφορίες δημοσιευμάτων λοιπών Φ.Ε.Κ.	5225 713 - 5249 547
Πώληση Φ.Ε.Κ.	5239 762
Φωτοαντίγραφα παλαιών Φ.Ε.Κ.	5248 141
Βιβλιοθήκη παλαιών Φ.Ε.Κ.	5248 188
Οδηγίες για δημοσιεύματα Α.Ε. - Ε.Π.Ε.	5248 785
Εγγραφή Συνδρομητών Φ.Ε.Κ. και αποστολή Φ.Ε.Κ.	5248 320

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ
ΠΩΛΗΣΗΣ Φ.Ε.Κ.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - Βασ. Όλγας 227 - Τ.Κ. 54100	(031) 423 956
ΠΕΙΡΑΙΑΣ - Νικήτα 6-8 Τ.Κ. 185 31	4135 228
ΠΑΤΡΑ - Κορίνθου 327 - Τ.Κ. 262 23	(061) 6381 100
ΙΩΑΝΝΙΝΑ - Διοικητήριο Τ.Κ. 450 44	(0651) 87215
ΚΟΜΟΤΗΝΗ - Δημοκρατίας 1 Τ.Κ. 691 00	(0531) 22 858
ΛΑΡΙΣΑ - Διοικητήριο Τ.Κ. 411 10	(041) 597449
ΚΕΡΚΥΡΑ - Σαμαρά 13 Τ.Κ. 491 00	(0661) 89 127 / 89 120
ΗΡΑΚΛΕΙΟ - Πλ. Ελευθερίας 1, Τ.Κ. 711 10	(081) 396 223
ΛΕΣΒΟΣ - Πλ. Κωνσταντινουπόλεως Τ.Κ. 811 00 Μυτιλήνη	(0251) 46 888 / 47 533

ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΦΥΛΛΩΝ ΕΦΗΜΕΡΙΔΟΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

- Για τα ΦΕΚ από 1 μέχρι 8 σελίδες 200 δρχ.
- Για τα ΦΕΚ από 8 σελίδες και πάνω η τιμή πώλησης κάθε φύλλου (8σέλιδου ή μέρους αυτού) προσαυξάνεται κατά 100 δρχ. ανά 8σέλιδο ή μέρος αυτού.
- Για τα ΦΕΚ του Τεύχους Προκηρύξεων Α.Σ.Ε.Π. ανεξαρτήτως αριθμού σελίδων δρχ. 100. (Σε περίπτωση Πανελλήνιου Διαγωνισμού η τιμή θα προσαυξάνεται κατά δρχ. 100 ανά 8σέλιδο ή μέρος αυτού).

ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΥΝΔΡΟΜΕΣ Φ.Ε.Κ.

Τεύχος	Κ.Α.Ε. Προϋπολογισμού 2531	Κ.Α.Ε. εσόδου υπέρ ΤΑΠΕΤ 3512
Α΄ (Νόμοι, Π.Δ., Συμβάσεις κ.λπ.)	60.000 δρχ.	3.000 δρχ.
Β΄ (Υπουργικές αποφάσεις κ.λπ.)	70.000 »	3.500 »
Γ΄ (Διορισμοί, απολύσεις κ.λπ. Δημ. Υπαλλήλων)	15.000 »	750 »
Δ΄ (Απαλλοτριώσεις, πολεοδομία κ.λπ.)	70.000 »	3.500 »
Αναπτυξιακών Πράξεων (Τ.Α.Π.Σ.)	30.000 »	1.500 »
Ν.Π.Δ.Δ. (Διορισμοί κ.λπ. προσωπικού Ν.Π.Δ.Δ.)	15.000 »	750 »
Παράρτημα (Προκηρύξεις θέσεων ΔΕΠ κ.τλ.)	5.000 »	250 »
Δελτίο Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (Δ.Ε.Β.Ι.)	10.000 »	500 »
Ανωτάτου Ειδικού Δικαστηρίου (Α.Ε.Δ.)	3.000 »	150 »
Προκηρύξεων Α.Σ.Ε.Π.	10.000 »	500 »
Ανωνύμων Εταιρειών & Ε.Π.Ε.	300.000 »	15.000 »
Διακηρύξεων Δημοσίων Συμβάσεων (Δ.Δ.Σ.)	50.000 »	2.500 »
ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΤΕΥΧΗ ΕΚΤΟΣ Α.Ε. & Ε.Π.Ε.	300.000 »	15.000 »

* Οι συνδρομές του εσωτερικού προπληρώνονται στα Δημόσια Ταμεία που δίνουν αποδεικτικό είσπραξης (διπλότυπο) το οποίο με τη φροντίδα του ενδιαφερομένου πρέπει να στέλνεται στην Υπηρεσία του Εθνικού Τυπογραφείου.
* Οι συνδρομές του εξωτερικού επιβαρύνονται με το διπλάσιο των ανωτέρω τιμών.
* Η πληρωμή του υπέρ ΤΑΠΕΤ ποσοστού που αντιστοιχεί σε συνδρομές, εισπράττεται από τα Δημόσια Ταμεία.
* Οι συνδρομητές του εξωτερικού μπορούν να στέλνουν το ποσό του ΤΑΠΕΤ μαζί με το ποσό της συνδρομής.
* Οι Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις, οι Δήμοι, οι Κοινότητες ως και οι επιχειρήσεις αυτών πληρώνουν το μισό χρηματικό ποσό της συνδρομής και ολόκληρο το ποσό υπέρ του ΤΑΠΕΤ.
* Η συνδρομή ισχύει για ένα χρόνο, που αρχίζει την 1η Ιανουαρίου και λήγει την 31η Δεκεμβρίου του ίδιου χρόνου. Δεν εγγράφονται συνδρομητές για μικρότερο χρονικό διάστημα.
* Η εγγραφή ή ανανέωση της συνδρομής πραγματοποιείται το αργότερο μέχρι τον Μάρτιο κάθε έτους.
* Αντίγραφα διπλοτύπων, ταχυδρομικές επιταγές και χρηματικά γράμματα δεν γίνονται δεκτά.

Οι υπηρεσίες εξυπηρέτησης των πολιτών λειτουργούν καθημερινά από 08.00΄ έως 13.00΄

ΑΠΟ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ